

**DISEÑO DE MÓDULOS DE COMUNICACIÓN PARA DISPOSITIVOS RFID**

**KAROL NATALY BENAVIDES LOPEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA  
SANTIAGO DE CALI  
2008**

**DISEÑO DE MÓDULOS DE COMUNICACIÓN PARA DISPOSITIVOS RFID**

**KAROL NATALY BENAVIDES LOPEZ**

**Pasantía para optar al título de Ingeniero Mecatrónico**

**Director**  
**ANDRES FELIPE NAVAS ESCOBAR**  
**Ingeniero Mecatrónico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA**  
**SANTIAGO DE CALI**  
**2008**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado  
en cumplimiento de los requisitos  
exigidos por la Universidad  
Autónoma de Occidente para optar  
al título de Ingeniero Mecatronico.**

**Ing. Diego Fernando Almario**

-----  
**Jurado**

**Santiago de Cali, 23 de Enero 2008**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por creer en mí y en mis capacidades, por su confianza durante todo este proceso y su gran apoyo. A mi familia por sus palabras de aliento y por expresarme siempre su orgullo por mis logros. A Andres Julian Ortiz por ser una persona incondicional durante mucho tiempo y quien gracias a su fuerza ha sido un apoyo constante.

Agradezco la oportunidad brindada por la empresa ROBOTEK Ltda., especialmente a los Ingenieros Andres Felipe Navas y Edwin Rojas, por su colaboración y permanente asesoramiento durante la realización de esta pasantia.

## CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	12
RESUMEN	13
INTRODUCCION	14
1. OBJETIVO GENERAL	15
1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2. ANTECEDENTES	16
3. JUSTIFICACION	19
4. MARCO TEORICO	20
4.1. DEFINICION DE RFID	20
4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA	20
4.2.1. Tag	20
4.2.2. Lector	20
4.2.3. Antena del Lector	21
4.2.4. Controlador	21
4.2.5. Sensor, actuador, alarma	22
4.2.6. Equipo y sistema software	22
4.2.7. Infraestructura de comunicación	22
4.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL RFID	22
4.4. APLICACIONES	23

5. PLANEACION DEL PROYECTO	24
5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
6. EJECUCION DEL PROYECTO	25
6.1. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES	25
6.2. EVALUACIÓN DE SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE EN PRODUCTOS COMPETIDORES (Benchmarking)	26
6.3. GENERACION DE CONCEPTOS	27
6.4. DESCOMPOSICION FUNCIONAL	27
6.5. PROCESO CRÍTICO SUB-PROBLEMA	28
6.6. ANALISIS DE LOS SUBSISTEMAS	28
6.6.1. Subsistema de Captura de datos RF	28
6.6.2. Subsistema Transmitir dato	28
6.6.3. Subsistema leer dato	28
6.7. DESCRIPCION DE CONCEPTOS	29
6.7.1. Concepto A	29
6.7.2. Concepto B	30
6.7.3. Concepto C	30
6.8. SELECCIÓN DE CONCEPTOS	31
7. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	32
7.1. INTERACCION ENTRE LOS ELEMENTOS FISICOS	33
8. DISEÑO INDUSTRIAL	34
8.1. ERGONOMIA	34

8.2. ESTETICA	35
8.3. NATURALEZA DEL PRODUCTO	35
9. DISEÑO DETALLADO	36
9.1. IDENTIFICACION DE COMPONENTES	36
9.1.1. Lector RFID	36
9.1.2. Microcontrolador	37
9.1.3. MAX232	38
9.1.4. LCD	39
9.2. CONEXIONES ENTRE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA	40
9.3. PROGRAMACION	40
9.3.1. Inicialización	40
9.3.2. Declaración de variables	41
9.3.3. Declaración de rutinas	41
9.3.4. Configuración de puertos	42
9.3.5. Rutinas de selección	42
9.4. DISEÑO DE LA ANTENA	62
9.4.1. Sintonía de la antena	63
9.4.2. Cálculo de valores para el circuito LCR	64
10. CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFIA	69
ANEXOS	70

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Identificación de necesidades	25
Tabla 2. Benchmarking	26
Tabla 3. Valores de Evaluación	31
Tabla 4. Matriz de Evaluación	31
Tabla 5. Elementos físicos y funciones	32



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Componentes de un Tag	21
Figura 2. Componentes de un lector	21
Figura 3. Diagrama de Caja Negra	27
Figura 4. Diagrama de descomposición funcional	28
Figura 5. Subsistemas	28
Figura 6. Diagrama Concepto A	29
Figura 7. Diagrama Concepto B	30
Figura 8. Diagrama Concepto C	30
Figura 9. Interacción entre los elementos	33
Figura 10. Naturaleza del Producto	35
Figura 11. HTRC11001T	36
Figura 12. Protocolo de comunicación de interfase serial	37
Figura 13. PIC 18F6720	38
Figura 14. MAX232	39
Figura 15. LCD 4 X 20	40
Figura 16. Menú de Inicio	43
Figura 17. Menú Tipo de Lectura	43
Figura 18. Mensaje de error	44
Figura 19. Menú de Opciones de lectura	44

Figura 20. Menú de Opciones para lectura Serial y RF	45
Figura 21. Transmisión serial	47
Figura 22. Modulo USART habilitado	49
Figura 23. Modulo USART deshabilitado	49
Figura 24. Registros de la interfase SPI	51
Figura 25. Recepción de datos	52
Figura 26. Conexión Maestro - Esclavo	53
Figura 27. Conexión a 3 hilos	54
Figura 28. Cronograma SPI Maestro	55
Figura 29. Buffer SSPBUF habilitado	58
Figura 30. Buffer SSPBUF deshabilitado	58
Figura 31. Transmisión de datos entre dos PIC 18F6720 por SPI	61
Figura 32. Circuito LCR	64

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Características principales del dispositivo HTRC11001T	70
Anexo B. Características principales del microcontrolador PIC18F6720	74
Anexo C. Características principales del dispositivo MAX232	77
Anexo D. Plano electrónico: Conexión SPI entre dos microcontroladores PIC18F6720.	80
Anexo E. Plano electrónico: Diseño final del Modulo de comunicación para dispositivos RFID.	81
Anexo F. Paper	82

## GLOSARIO

**ANTENA:** transductor al que se conecta un lector para generar y recibir las señales RF que permiten realizar en enlace radio con el *tag*.

**LECTOR:** dispositivo encargado de recibir la información de los *tags* que se le presentan en su zona de lectura.

**RFID:** Identificación por radiofrecuencia.

**TAG:** transpondedor

**TRANSPONDEDOR:** dispositivo que incorpora un circuito integrado, y una antena montados sobre un soporte físico y encapsulados.

**USA, UNIDAD DE SINTONÍA:** elemento que permite la adaptación eléctrica de una antena a un dispositivo lector/grabador en la frecuencia de trabajo de forma que la transferencia de energía entre ambos dispositivos sea máxima.

## **RESUMEN**

El objetivo de este proyecto es realizar el diseño de módulos de comunicación, que permitan realizar pruebas y la respectiva activación de dispositivos de diferentes tipos en RFID, brindando una nueva tecnología a la empresa, la cual le permite implementar diversas aplicaciones que involucren Sistemas de Control RFID.

Como primera medida, para el desarrollo del proyecto, se realizó una exhaustiva investigación sobre todo lo relacionado con la Identificación por radiofrecuencia (RFID), con el fin de definir correctamente las necesidades que la empresa tiene respecto a esta tecnología.

Partiendo de la identificación de las necesidades, y gracias a las asesorías prestadas por docentes de la Universidad e ingenieros de ROBOTEK Ltda., se estableció la metodología a seguir para el exitoso diseño de los módulos de comunicación para dispositivos RFID, ofreciendo una aplicación tecnológica de identificación automática, con una óptima interfaz de usuario y correcta funcionalidad.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología RFID es una de las tecnologías más prometedoras que se ha orientado al sector del almacenamiento y distribución, ésta integra distintos sistemas de identificación de objetos, personas y animales que existen actualmente, remplazándolos gracias a las numerosas mejoras que ofrece.

En la actualidad ya son muchas las aplicaciones implementadas que se basan en RFID, por ejemplo en sectores, tales como el transporte, la seguridad, la medicina y la gestión de activos. Dicha implementación ha ocurrido gracias a algunas de las ventajas características de los dispositivos RFID las cuales incluyen su capacidad de programación, durabilidad y capacidad de almacenamiento de información.

Uno de los principales objetivos al realizar el diseño de módulos de comunicación para dispositivos RFID, es otorgar a la empresa aplicaciones en cuanto a *Seguridad física* (Control de acceso físico, Control de presencia y control horario, Control de activos, etc.) y *Seguridad lógica* (Control de acceso lógico, Confidencialidad, Trazabilidad).

Lo anterior se logra mediante una previa investigación acerca de RFID (Tipos de dispositivos, Componentes de un sistema RFID, aplicaciones existentes, etc.), con el fin de identificar las necesidades de la empresa y posteriormente generar posibles diseños con diferentes componentes y características, seleccionando el más adecuado, que cumpla con los requerimientos planteados y satisfaga las necesidades anteriormente identificadas.

Por esta y otras razones la identificación por radiofrecuencia es una tecnología de especial interés en la investigación en diversos campos de la Ingeniería Mecatrónica, con el fin de crear dispositivos más versátiles que solucionen tareas cotidianas sencillas y ayuden a la actividad diaria de los usuarios y posteriormente realizar implementaciones progresivas que proporcionarán éxitos iniciales y mejorarán la curva de aprendizaje para proyectos a gran escala.

## **1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar unos módulos de comunicación para pruebas y activación de dispositivos o tags de múltiples familias o tipos en RFid.

### **1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar una investigación detallada acerca de los diferentes tipos de tags RFid que se encuentran en el mercado, diferenciar sus tecnologías y caracterizar su funcionamiento.
- Realizar el diseño de módulos para comunicarse con los diferentes tipos de dispositivos RFid.
- Determinar el método de comunicación apropiado, entre los módulos y una PC.

## 2. ANTECEDENTES

En Colombia, la tecnología RFID ya se ha implementado en diferentes empresas, quienes la utilizan en diferentes proyectos aplicados al mejoramiento de sus productos o servicios. Algunas de esas empresas son:

**GS1 Colombia.** Esta empresa ha creado SMARKET, el primer supermercado inteligente. En este supermercado el carrito de compras es capaz de mostrar la ubicación de los productos dentro del supermercado de manera que el usuario realice sus compras en el menor tiempo posible. A medida que el comprador avanza por los corredores del supermercado y va echando productos en el carrito, este los va registrando y dándole información no solo sobre el precio del producto, sino que también le informa sobre fechas de vencimiento y promociones especiales. Una vez finalizadas las compras, el usuario puede enviar desde cualquier punto del supermercado su lista de compras de manera que cuando se acerque a la caja esta ya estará impresa y lista para ser cancelada.

En este supermercado existen varias antenas que leen la información de EPC/RFID que posee cada uno de los tags (chips) con los que están identificados los productos. También la tarjeta de fidelización de cada persona (la cual a su vez posee un tag de EPC/RFID) es leída por el carrito en el momento de registro y de esta manera es capaz de conocer información del cliente.

SMARKET, solamente esta disponible con fines de investigación y demostración y cuyo objetivo es mostrar los beneficios de la tecnología EPC/RFID.

**Emprevi.** Es una compañía vallecaucana de logística la cual ha creado una moderna red de control que integra plantas, rutas y puertos de Colombia con los principales embarcaderos del mundo. Esta tecnología permite controlar su cadena de suministro, mediante el seguimiento por red de sellos electrónicos ubicados en los contenedores de carga. El sistema por el cual esto es posible se llama Global Trade Control

Se trata de sellado electrónico de los contenedores de carga mediante pequeños dispositivos, que registran la apertura del contenedor, cambios en la temperatura, variaciones en la humedad, contaminación ambiental y fuerzas de gravedad.



Al paso de los contenedores con los sellos electrónicos por cada uno de los puntos lectores, se produce un intercambio de datos donde se registra el estado de la carga. Finalmente, los datos recopilados se suben a Internet donde los clientes y autoridades pueden acceder a un registro detallado del recorrido.

**Compañía de Galletas Noel.** El proyecto desarrollado por Noel fue el primero en realizarse en Colombia. Se realizó en un ambiente real y con procesos reales utilizando el estándar internacional definido por EPCglobal. Como primer paso hacia una futura implementación del sistema EPC/RFID, se desarrolló en Noel un piloto a nivel de pallets o estibas para conocer su funcionamiento en un ambiente real. Este proyecto se concentró en la identificación de unidades logísticas.

**Off Corss.** Es una empresa comercializadora y productora de vestuario y accesorios de bebés, niños y adolescentes, con visión internacional. Decide realizar pruebas con EPC/RFID, con el fin de hacer un análisis de la viabilidad de implementar esta tecnología en sus procesos e iniciar el camino de aprendizaje en las últimas tendencias mundiales tanto tecnológicas como logísticas.

**Productos Familia – Sancela.** Compañía líder en el diseño, la innovación, la producción y la distribución de productos de aseo personal en Colombia. Acaba de finalizar la etapa de implementación de su proyecto de RFID en su planta de Cajicá (Bogotá, Colombia); proyecto emprendido para el control de algunos de sus procesos internos. El objetivo de este proyecto es optimizar el flujo de productos entre la línea de producción y su Centro de Distribución, controlando su movimiento, su ubicación y las existencias, lo que les ha permitido acceder a información exacta y en línea. La segunda etapa de este proyecto incluye la implementación en todas sus plantas.

**Almacenes Éxito.** Esta empresa inicio un proyecto en el que participa GS1 Colombia, con el apoyo tecnológico de Tyco Sensormatic, TANN Colombia y BEA Systems, en el que se busca implementar EPC/RFID en los procesos de almacenamiento, despacho y recibo en todos los eslabones de la cadena logística de las transacciones comerciales.

A nivel mundial la tecnología RFID se ha aplicado desde hace varios años siendo pioneras en este campo firmas como Wal-Mart, Procter & Gamble y Gillete quienes empezaron instalando masivamente chips de radiofrecuencia en sus productos como sustitutos de los códigos de barras. Esto permitió a las compañías realizar procesos de inventario más veloces y reducir costos de operación.

Algunas empresas del sector automotriz han incluido este tipo de etiquetas en las llaves de los carros como un sistema anti-robo, los hipermercados y supermercados lo han implementado para conocer la cantidad de productos de las estanterías y poder tener un mejor control de sus pedidos y existencias, las plantas de fabricación lo usan para conocer el número de unidades producidas y la cantidad de productos distribuidos; las bibliotecas para tener control de los libros, en los aeropuertos para tener control del equipaje, las empresas farmacéutica para evitar la falsificación de productos, en los laboratorios clínicos en exámenes y en los hospitales para medicamentos con el fin de minimizar errores, en el sector agropecuario para control de animales, en eventos deportivos para agilizar la entrada y validación de tiquetes y en el sector militar también es usado en procesos logísticos.

### 3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, dado el rápido avance y desarrollo tecnológico, se busca implementar dispositivos electrónicos de menor tamaño y que impliquen menos costos de fabricación. Por medio de diversas tecnologías esto es posible en mayor medida, y se ha logrado crear sistemas que responden satisfactoriamente a las necesidades de los usuarios, mejorando su calidad de vida.

El principal fin de desarrollar este proyecto es comprender el funcionamiento de los sistemas RFID, sus aplicaciones y alcances. Lo cual permitirá la creación de nuevas aplicaciones de estos sistemas o realizar mejoras en las existentes.

Un Ingeniero *MECATRONICO* está en la capacidad de estudiar diferentes ramas tales como la mecánica, informática, electrónica y el control; gracias a la integración de estas disciplinas es posible comprender el funcionamiento de una tecnología tal como RFID, para posteriormente realizar un diseño del sistema de manera óptima. Esta son las razones básicas por las cuales un ingeniero mecatronico posee el conocimiento suficiente para llevar a cabo un diseño como el propuesto por la empresa ROBOTTEK LTDA.

## **4. MARCO TEORICO**

### **4.1. DEFINICIÓN DE RFID**

RFID (Radio Frequency Identification -Identificación por radiofrecuencia) es una tecnología de identificación automática similar, en cuanto a su aplicación, a la tecnología de código de barras. La diferencia es que RFID utiliza una señal de radiofrecuencia en lugar de una señal óptica.

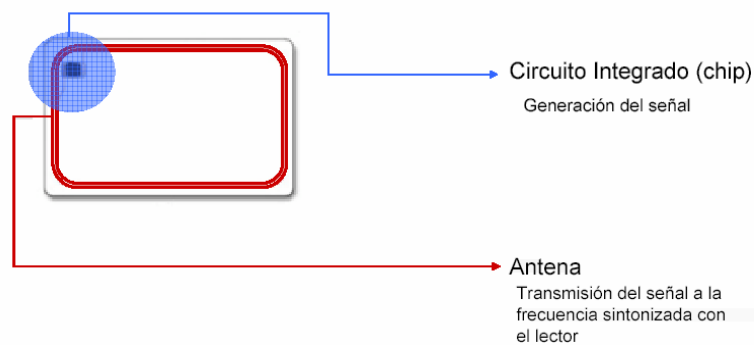
Los sistemas RFID utilizan una señal de radiofrecuencia de baja potencia. Esta señal de radio transmitida no requiere que la tarjeta esté dentro de la línea visual del lector, ya que las señales de radio pueden propagarse fácilmente a través de materiales no metálicos. Por esto, la tarjeta de RFID (Transponder) no tiene porque estar en contacto directo con el lector.

### **4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA**

El sistema RFID está compuesto por los siguientes elementos:

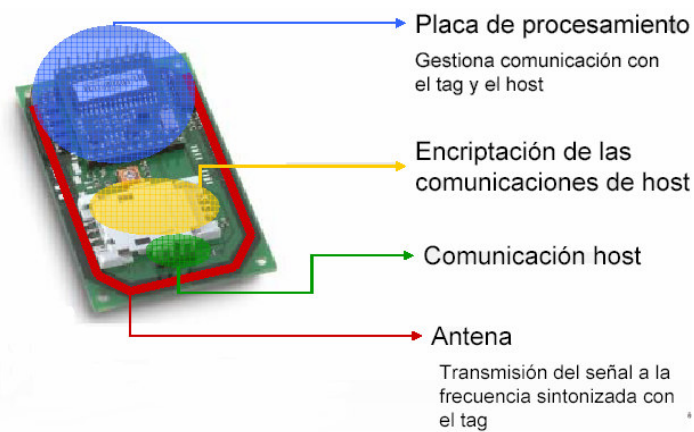
**4.2.1 Tag.** Es un componente esencial del sistema RFID. Está constituido por una etiqueta que lleva un microchip incorporado y que puede adherirse a cualquier producto. El microchip almacena un número de identificación -una especie de matrícula única de dicho producto- que en general se puede definir con un código único(CU).

Figura 1. Componentes de un TAG.



**4.2.2 Lector.** Es un dispositivo que puede leer o incluso escribir datos en tags RFID compatibles.

Figura 2. Componentes de un lector.



**4.2.3 Antena del lector.** Es otro componente esencial del sistema, a veces integrada en el mismo lector.

**4.2.4 Controlador.** Es también otro componente esencial. Sin embargo, muchos lectores de última generación lo tienen integrado.

**4.2.5 Sensor, actuador, alarma.** Son componentes opcionales que son necesarios para interactuar con el sistema.

**4.2.6 Equipo y sistema software.** Teóricamente, un sistema RFID puede funcionar independientemente de este componente. Pero un RFID sin estos carece de utilidad.

**4.2.7 Infraestructura de comunicación.** Es una parte importante del sistema que conecta los componentes previamente listados, ya sean alámbricos o no, para hacer una comunicación efectiva entre ellos.

### **4.3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL RFID**

El funcionamiento de la transmisión de datos de la identificación por frecuencia de radio es básicamente la misma independientemente del tipo de etiqueta.

El lector envía una señal de radiofrecuencia que es recibida por todos los Tags que se encuentran sintonizados dentro de esa frecuencia. Éstos reciben la señal por medio de sus antenas y responden transmitiendo la información que tienen almacenada.

El Tag puede almacenar varios tipos de información, incluyendo números de serie, parámetros de configuración, históricos de actividades, etc.

Los lectores reciben la señal transmitida por el Tag, la decodifican y transfieren la información, ya sea por una red cableada o inalámbrica, a una computadora que con el software apropiado la procesa para la aplicación buscada.

#### **4.4. APLICACIONES**

Actualmente, la tecnología RFID se ha implementado en varios sectores y las nuevas aplicaciones son cada vez más diversas. A continuación se enumeran algunas de las aplicaciones actuales y en desarrollo:

##### **Transporte**

- Sistema electrónico de recaudación de peaje
- Administración de cargamentos

##### **Seguridad**

- Sistemas de control de acceso de personas para el acceso a edificios y portones, hoteles, etc.
- Vigilancia electrónica de artículos (identificación de mercancía, inventario automático, cajas registradoras automáticas, etc.)
- Identificación de equipajes aéreos

##### **Administración de la cadena de suministro**

- Seguimiento de los productos a lo largo del proceso de fabricación (automóviles, hardware informático, etc.)
- Bibliotecas

##### **Medicina**

- Acceso restringido a hospitales
- Ubicación de los pacientes y visitantes con brazaletes de identificación
- Seguimiento de medicamentos y recetas médicas

##### **Deportes**

- Obtención de tiempos de salida y llegada para los eventos deportivos (maratones, competencias olímpicas, etc.)
- Identificación y localización de pelotas de golf

## **5. PLANEACION DEL PROYECTO**

### **5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente los lectores por proximidad representan una novedad importante en los sistemas de control de accesos. Por esta razón ROBOTEK Ltda., en ausencia de una tecnología como ésta, se ve en la necesidad de desarrollar dichos sistemas de identificación con el fin de ingresar exitosamente en numerosos sectores industriales, realizando diversas aplicaciones.

Lo anterior se llevara a cabo con el fin de ampliar los niveles tecnológicos de la empresa ROBOTEK LTDA., permitiéndole adoptar nuevas tendencias tecnológicas y por lo tanto desarrollar nuevas y variadas aplicaciones que requieran sistemas RFID.



## 6. EJECUCION DEL PROYECTO

### 6.1. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES

La identificación de necesidades se realizó con base en el análisis de los requerimientos de la empresa respecto a la tecnología RFID.

Tabla 1. Identificación de necesidades

Item	Concepto	Necesidad
1	Envío de datos	Enviar datos por radiofrecuencia (Lector- Microcontrolador) y puerto serial (Microcontrolador-PC)
2	Recepción de datos	Recibir el dato con un microcontrolador.
3	Visualización de datos	Mostrar el dato en un LCD y en la pantalla del computador
4	Velocidad de transmisión de datos	Velocidad estable, que garantice una optima transmisión de datos, soportada por el microcontrolador y la computadora
5	Consumo de energía	Bajo consume de energía
6	Frecuencia de transmisión RF	Frecuencia de transmisión de datos de corto alcance, que cumpla con el estándar ISO 18000-2.
7	Diseño electrónico	Sistema con los componentes necesarios, de bajo coste.
8	Programación	Programación a prueba de errores.

## 6.2. EVALUACIÓN DE SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE EN PRODUCTOS COMPETIDORES (Benchmarking)

Tabla 2. Benchmarking

		1	2	3	4
ITEM	NECESIDAD	KIMLADI RD125K	GAO RFID Inc. 211001	AdActiv R-MOD-125	LANCELLOTITI S.A. GP-20
1	Envío de datos	****	*****	*****	****
2	Recepción de datos	****	****	****	****
3	Visualización de datos	***	*****	***	***
4	Velocidad de transmisión de datos	*****	***	****	****
5	Consumo de energía	****	*****	*****	*****
6	Frecuencia de transmisión RF	*****	*****	*****	*****
7	Diseño electrónico	****	*****	*****	****
8	Tamaño y peso del dispositivo	****	*****	*****	****
9	Rango de lectura	***	***	*****	****
10	Programación	****	****	****	****

### 6.3. GENERACION DE CONCEPTOS

En esta fase de la ejecución del proyecto se descompone el problema en varias opciones, en cuanto a características, componentes y funcionalidad, con el fin de facilitar la visualización y comprensión del problema y de esta forma seleccionar, posteriormente, el concepto más apropiado para dar solución al problema planteado.

### 6.4. DESCOMPOSICION FUNCIONAL

En esta etapa se visualiza el problema como una caja negra, la cual muestra las entradas y salidas del sistema, esto permite tener una mayor comprensión del problema, conduciendo a la etapa siguiente que consiste en la descomposición funcional del problema. Ver Figura 3.

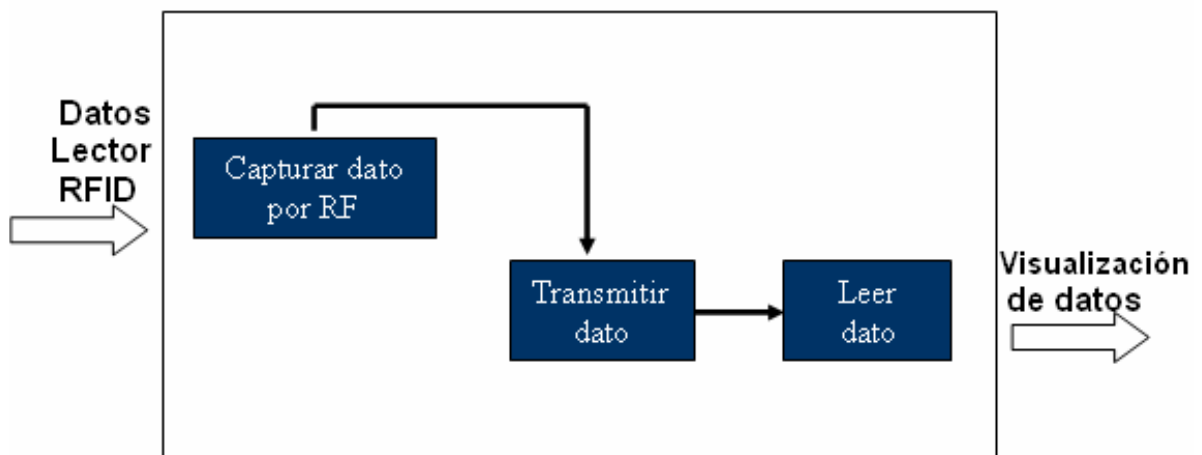
Figura 3. Diagrama de Caja Negra



## 6.5. PROCESO CRÍTICO SUB-PROBLEMA

Se realiza una descomposición de cada función del sistema, mostrando la forma en que estas se ejecutan partiendo de las entradas, hasta llegar al final del proceso. Ver Figura 4.

Figura 4. Diagrama de Descomposición Funcional.



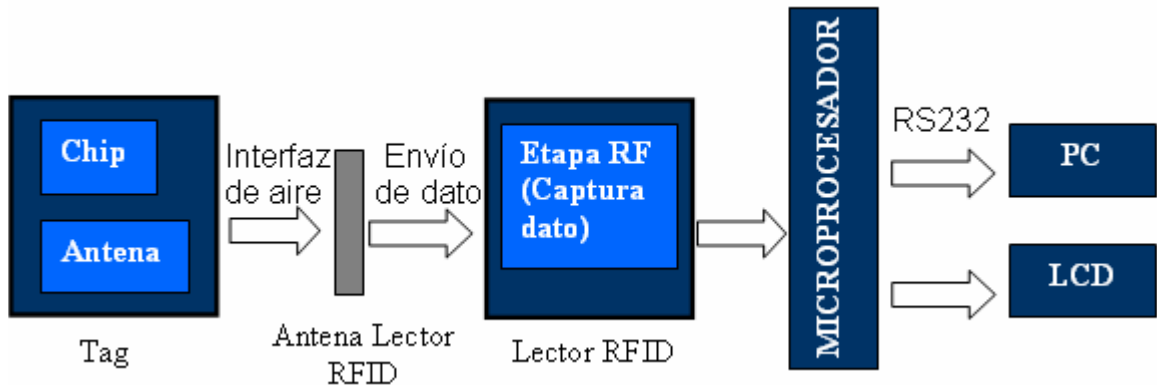
## 6.6. ANALISIS DE LOS SUBSISTEMAS

**6.6.1 Subsistema de Captura de Datos RF.** El lector RFID captura el dato que le esta siendo enviado, en el rango de su frecuencia (125 KHZ) por medio de la antena que posee.

**6.6.2 Subsistema Transmitir dato.** El lector RFID transmite el dato adquirido al microprocesador por medio de SPI (Serial Peripheral Interface).

**6.6.3 Subsistema Leer dato.** Una vez el microprocesador ha recibido el dato del lector RFID, éste lo procesa para posteriormente permitir su visualización, en el LCD y la computadora. Ver Figura 5.

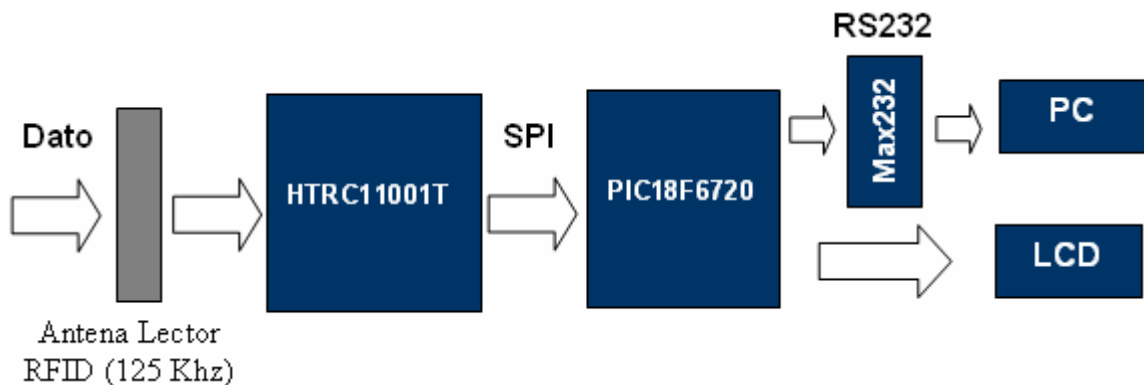
Figura 5. Subsistemas



## 6.7. DESCRIPCION DE CONCEPTOS

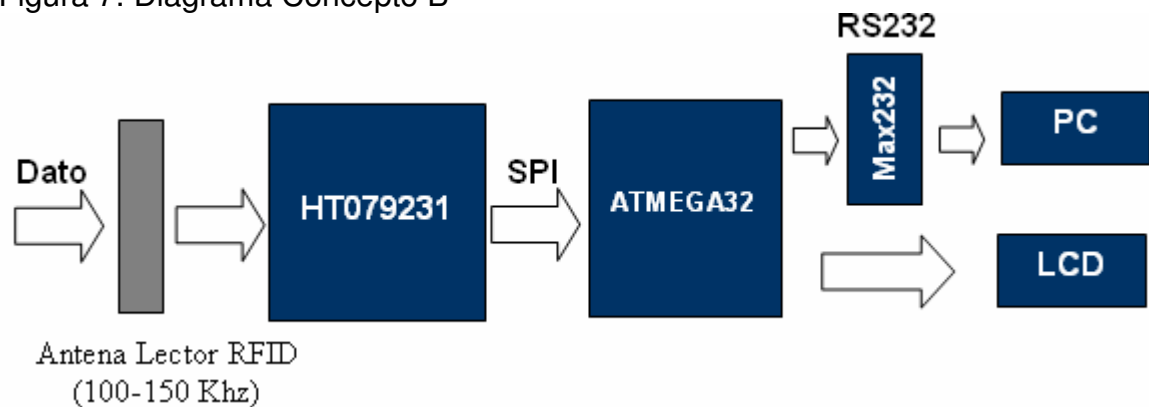
**6.7.1. Concepto A.** Este diseño tiene un lector RFID Philips HTRC11001T, con un rango de frecuencia de 125 KHz. Para el procesamiento de datos se utiliza un PIC18F6720, quien recibe los datos del lector RFID por SPI. Los datos se visualizaran en un LCD y en la computadora a través de la comunicación serial RS232 con el microprocesador, para que esto sea posible se utiliza el integrado MAX232, el cual convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. Ver Figura 6.

Figura 6. Diagrama Concepto A.



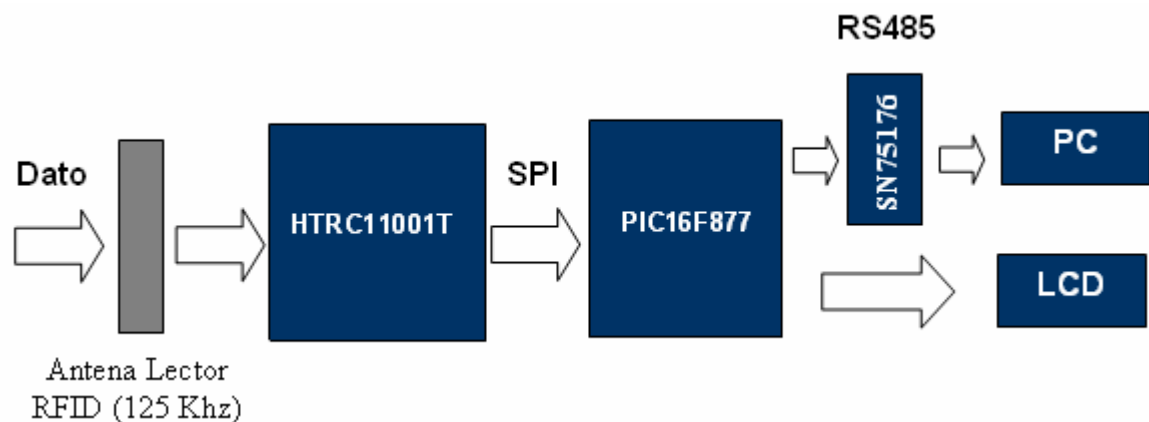
**6.7.2. Concepto B.** Este concepto utiliza el lector RFID Philips HT079231, que trabaja con un rango de frecuencia entre 100 y 150 KHz. Para el procesamiento de datos se utiliza un microcontrolador ATMEGA32 de ATMEL, el cual realiza la etapa de recepción de datos del lector RFID por medio del bus SPI. Los datos recibidos se visualizaran en un LCD y en la computadora por medio del puerto serial RS232, utilizando el integrado MAX232. Ver Figura 7.

Figura 7. Diagrama Concepto B



**6.7.3. Concepto C.** Este diseño tiene un lector RFID Philips HTRC11001T, que trabaja con un rango de frecuencia de 125 KHz. Para el procesamiento de datos se utiliza un PIC16F877, quien recibe los datos del lector RFID por SPI. Los datos se visualizaran en un LCD y en la computadora a través del puerto serial RS485, para este fin se utiliza el integrado SN75176 este dispositivo se encargan de hacer la conversión entre los niveles TTL del microcontrolador y las señales del tipo diferencial que se utilizan el bus RS-485. Ver Figura 8.

Figura 8. Diagrama Concepto C.



## 6.8. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

En la etapa de generación de conceptos, se obtuvieron tres posibles soluciones; la selección de los conceptos, se realiza atendiendo las necesidades identificadas inicialmente y realizando una matriz de evaluación de conceptos, con el fin de hacer un tamizaje (Tabla 3). Los valores de evaluación (Tabla 2) facilitan la selección y eliminación de conceptos.

Tabla 3. Valores de evaluación

VALOR	DESCRIPCION
+	Mejor que
0	Igual que
-	Peor que

Tabla 4. Matriz de evaluación

CRITERIO DE SELECCIÓN	CONCEPTO		
	A	B	C
Envío de datos	+	+	-
recepción de datos	0	0	0
Visualización de datos	+	+	-
Velocidad de transmisión de datos	+	+	-
Consumo de energía	0	0	0
Frecuencia de transmisión RF	0	0	0
Diseño electrónico	+	-	+
Programación	+	-	+
<b>POSITIVOS</b>	5	3	2
<b>IGUALES</b>	3	3	3
<b>NEGATIVOS</b>	0	2	3
<b>TOTAL</b>	5	1	-1
<b>ORDEN</b>	1	2	3
<b>CONTINUAR</b>	SI	NO	NO

Después de tamizar los conceptos se puede concluir que el concepto a desarrollar es el A, ya que satisface las necesidades expuestas inicialmente. Los conceptos B y C presentan desventajas en aspectos como envío, velocidad de transmisión y visualización de datos (Concepto C), así como en diseño electrónico y programación (Concepto B)

## 7. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

La arquitectura de un producto consiste en el arreglo funcional de elementos en conjuntos físicos que constituyen la composición del producto, es decir, la manera en que se encuentran organizados, su función y/o correlación con otros elementos y funciones.

La arquitectura empleada para el diseño del modulo de comunicación para dispositivos RFID, es una arquitectura de tipo modular, ya que cada elemento físico posee una sola función específica dentro del sistema, pero se encuentran integrados en éste, véase Tabla 4.

Tabla 5. Elementos físicos y funciones.

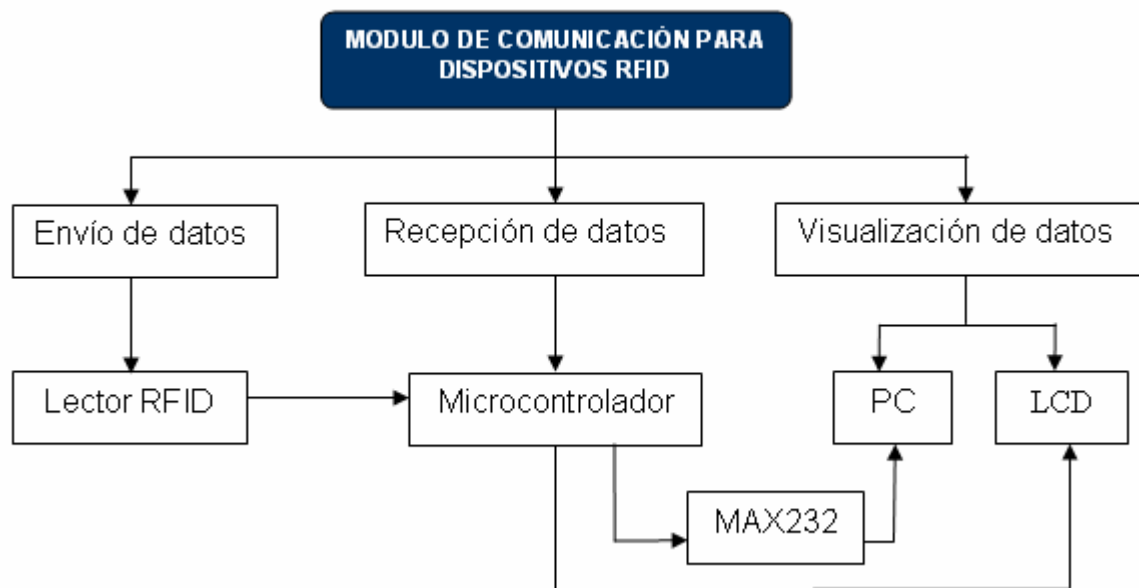
ELEMENTO FISICO	FUNCIÓN
PC	Visualización de datos
LCD	Visualización de datos
Microcontrolador	Recepción de datos del lector RFID. Envío de datos al LCD y PC.
Lector RFID	Envío de datos al microcontrolador
MAX232	Convertor de niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa.



## 7.1. INTERACCIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS FÍSICOS

Los elementos físicos que componen el sistema realizan una interacción entre si, para lograr el funcionamiento del mismo, véase Figura 9.

Figura 9. Interacción entre los elementos.



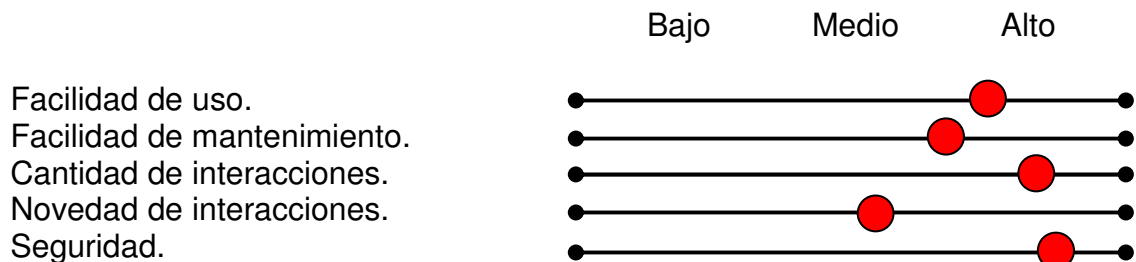
El diagrama anterior muestra que cada interacción entre los elementos es fundamental, cualquier tipo de falla que ocurra afecta notablemente el funcionamiento del sistema.

El centro de las interacciones entre los componentes del sistema esta en el envío de datos del lector RFID hacia el microcontrolador, ya que si esta función no se realiza de forma optima, ninguna de las siguientes funciones tendrán lugar.

## 8. DISEÑO INDUSTRIAL

Valoración del diseño industrial. En esta etapa las necesidades ergonómicas y estéticas del producto tienen más importancia, ya que al analizar estas necesidades de manera independiente se logra identificar aspectos como la facilidad de uso, calidad de interfaz, apariencia física, seguridad, facilidad de mantenimiento, etc.

### 8.1. ERGONOMÍA



- La facilidad de uso es alta, ya que el sistema viene listo para su funcionamiento, solo requiere ser conectado a una fuente de alimentación y a la computadora.
- El mantenimiento del sistema no presenta mayor dificultad ya que en caso de presentarse alguna falla, la persona encargada de realizar el mantenimiento solamente debe fijarse que cada componente este funcionando adecuadamente, de lo contrario se cambia el elemento por uno nuevo que funcione de forma optima.
- La cantidad de interacciones es alta, ya que a partir de la transmisión de datos del lector RFID al microcontrolador, ocurren las funciones siguientes, terminando en la visualización de los datos a través de dos medios (LCD y PC)
- La novedad de las interacciones están en nivel medio, ya que este sistema utiliza protocolos de comunicación ya existentes que han sido adaptados al desarrollo de este producto.

- La interfaz es segura, ya que internamente esta programado para que la persona que se encuentra manejando el sistema no cometa errores mientras lo hace y le informa en el momento en que ha cometido alguno para que el usuario este siempre alerta de sus acciones.

## 8.2. ESTETICA

Tratándose de un diseño que posee componentes electrónicos, es importante realizar un diseño organizado, de tamaño moderado, que permita al usuario la fácil identificación de cada componente y sus conexiones en caso que sea necesario realizar mantenimiento.

## 8.3. NATURALEZA DEL PRODUCTO

Para determinar más fácilmente el propósito del producto, se hace referencia a la naturaleza del producto entre tecnología y el usuario, véase Figura 10.

Figura 10. Naturaleza del producto.



El modulo de comunicación para dispositivos RFID es un producto enfocado hacia la tecnología ya que constituye un gran aporte a todos los ámbitos que requieran una tecnología de identificación, garantizándoles una notable mejora en cuanto a seguridad.

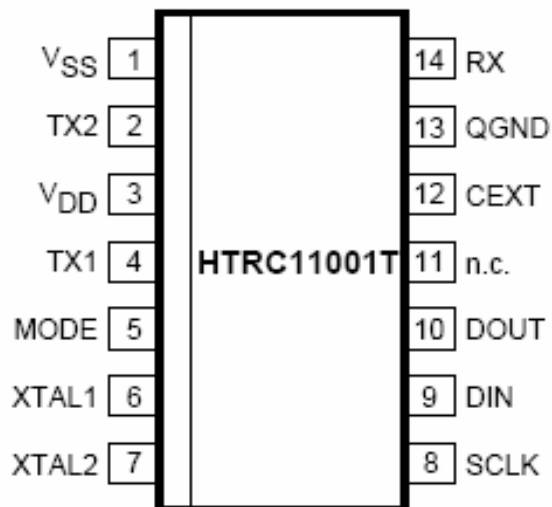
## 9. DISEÑO DETALLADO

### 9.1. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES

**9.1.1 Lector RFID.** Se utiliza el integrado HTRC11001T. Ver Figura 11. Este integrado cuenta con las siguientes características:

- Combina todo el hardware de un lector RFID en un solo chip
- Funciones de lectura y escritura
- Detección de cortocircuito
- Bajo consumo de energía
- Modo de baja potencia

Figura 11. HTRC11001T

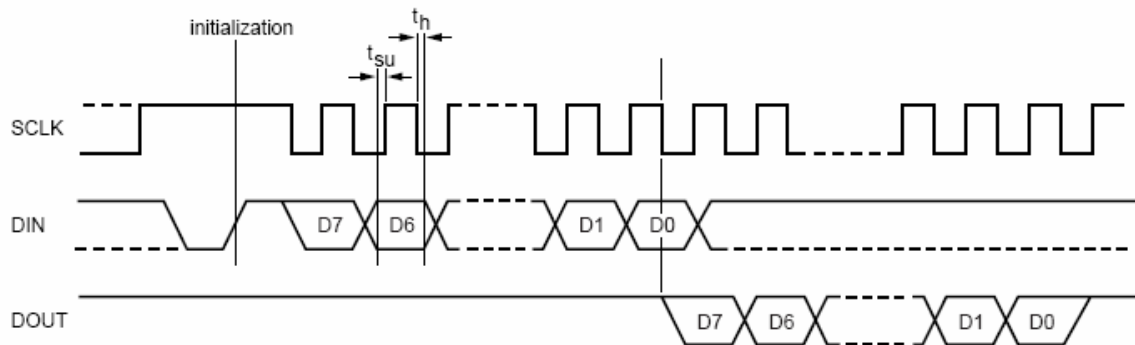


**Interface serial.** La comunicación entre el HTRC11001T y el microcontrolador se hace mediante la interface digital 3-wire. Esta interface opera con las siguientes señales:

- Pulso de reloj en el pin SCLK
- Entrada de datos en el pin DIN
- salida de datos en el pin DOUT.

**Protocolo de comunicación.** La comunicación entre el HTRC11001T y el microcontrolador empieza con la inicialización de la interfase serial. Esta inicialización consiste en una transición LOW a HIGH en el pin DIN mientras el pin SCLK esta en nivel alto (HIGH). Ver Figura 12.

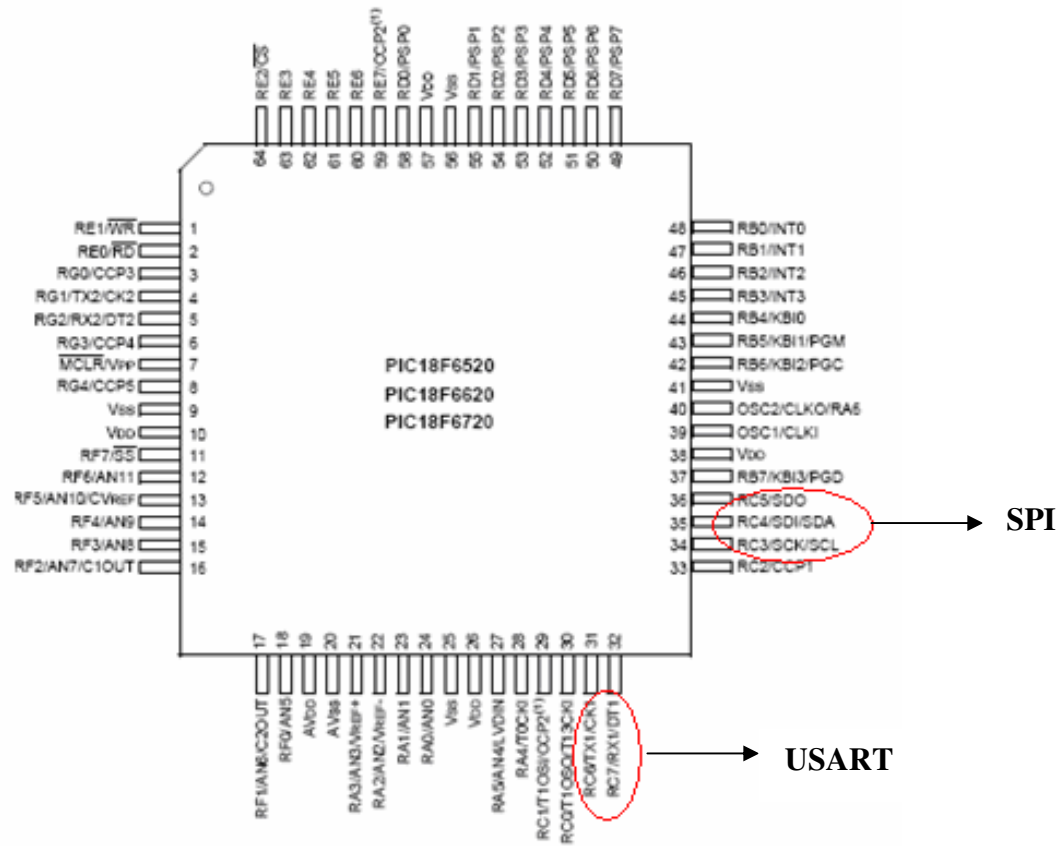
Figura 12. Protocolo de comunicación de interfase serial



**9.1.2 Microcontrolador.** Se selecciona el PIC18F6720, por su número de pines es un microcontrolador adecuado para este tipo de diseño. Ver Figura 13. Algunas de las características más relevantes para este diseño son:

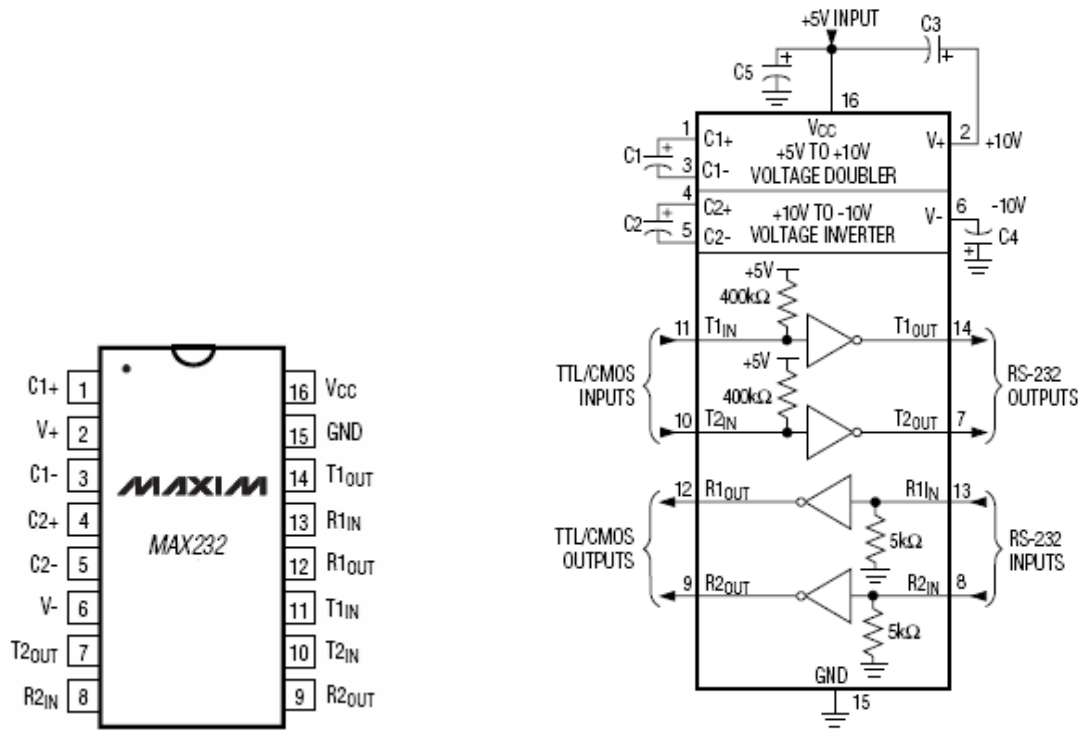
- Memoria de programa de 128k
- Memoria de datos SRAM de 3840 bytes y EEPROM de 1024 bytes
- Máxima Fosc: 25 MHz
- Posee bus SPI
- Posee dos módulos USART que permiten utilizar RS23

Figura 13. PIC18F6720



**9.1.3 MAX232.** El circuito integrado MAX232 cambia los niveles TTL a los del estándar RS-232 cuando se hace una transmisión, y cambia los niveles RS-232 a TTL cuando se tiene una recepción. La computadora maneja voltajes de 8 a -8v, por lo tanto no se puede conectar directamente al microcontrolador ya que éste maneja voltajes TTL. Por lo tanto es necesario este convertor de voltajes. Ver Figura 14.

Figura 14. MAX232



**9.1.4 LCD.** Se utiliza para la visualización del menú inicial y los menús de opciones que se muestran posteriormente. Se escoge un LCD de 4 x 20 caracteres, para ofrecer un mayor espacio en la visualización de datos. Ver figura 15.

Figura 15. LCD 4 x 20



## 9.2. CONEXIONES ENTRE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA

Una vez identificados los componentes que se utilizaran en el diseño del módulo de comunicación para dispositivos RFID, y habiendo comprendido su funcionamiento, se procede a realizar el diagrama de conexiones en el software Proteus v.7 Professional, el cual nos permite diseñar una simulación del circuito que se desea hacer y su posterior funcionamiento.

El software Proteus v.7 Professional permite implementar en el microcontrolador el archivo .hex, generado por el software para programación MPLab, a partir del código creado en este programa.

## 9.3. PROGRAMACION

A continuación se explica paso a paso las rutinas para el funcionamiento del diseño simulado en Proteus v.7 Professional.

**9.3.1 Inicialización.** Como primer paso se declaran las librerías que van a ser utilizadas, en este caso particular son las librerías del dispositivo PIC seleccionado, manejo de LCD, USART y SPI. Posteriormente se realizan las configuraciones generales



```

#include<p18cxxx.h>
#include "xlcd1.h"
#include <usart.h>
#include <spi.h>

#pragma config OSC = HS
#pragma config WDT =OFF
#pragma config LVP = OFF

```

**9.3.2 Declaración de variables.** Se declaran las variables que serán utilizadas las rutinas creadas, como en el caso de la rutina de selección de menús, rutina de lectura serial, rutina de lectura RFID y rutinas de detección de errores.

### 9.3.3 Declaración de rutinas.

void puert (void);	<i>Configuración de puertos</i>
void menu_se (int pulsada);	<i>Selección de menu</i>
void menu1lcd (void);	<i>Muestra el menú de inicio</i>
void menu2lcd (void);	<i>Menú de selección de tipo de lectura</i>
void errorlcd (void);	{ <i>Muestra que se ha presentado un error</i>
void error_2 (void);	
void lec_ser (void);	<i>Proceso de transmisión de datos por puerto serial</i>
void lect_rfid (void);	<i>Proceso de transmisión de datos por SPI</i>
void salir (void);	<i>Envía al menú de inicio</i>

**9.3.4 Configuración de puertos.** Se configuran los puertos del microcontrolador como entrada o salida según serán utilizados.

```
void puert (void)
```

```
{
```

```
    TRISB = 1;
```

```
    PORTB = 0;
```

```
    LATB = 0;
```

```
    TRISD = 0;
```

*Puerto D, salida (LCD)*

```
    PORTD = 0;
```

```
    LATD = 0;
```

```
    TRISC = 0b10010001;
```

*RC4 SDI del bus SPI. RC7 RX de la USART.*

```
    PORTC = 0;
```

```
    LATC = 0;
```

```
    TRISA = 1;
```

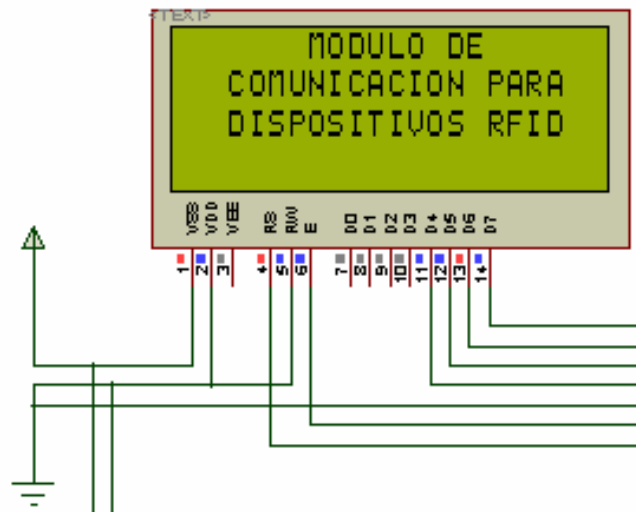
```
    PORTA = 0;
```

```
    LATA = 0;
```

```
}
```

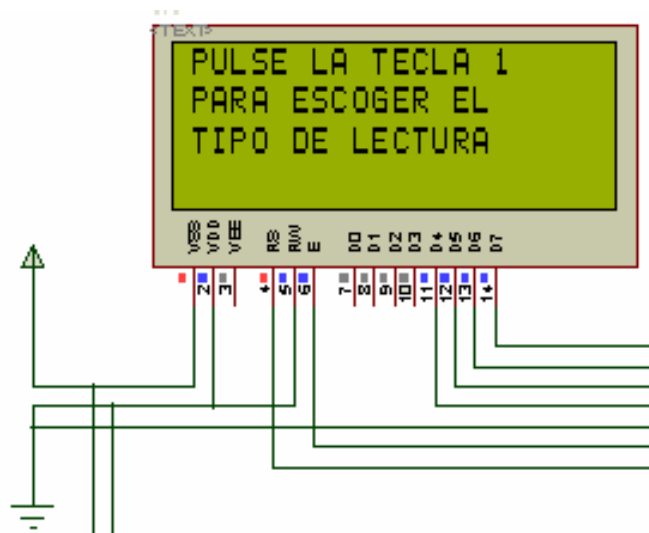
**9.3.5 Rutinas de selección.** La rutina menu1lcd presenta un menú inicial de presentación con el nombre del producto “MODULO DE COMUNICACIÓN PARA DISPOSITIVOS RFID”. Ver Figura 16.

Figura 16. Menú de Inicio



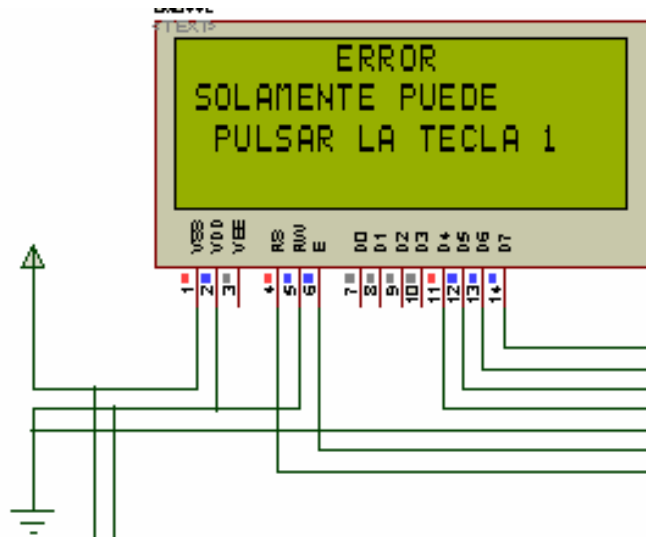
Por medio de el uso de Delays de 15 ms. Se hace un retardo, cuando este se cumple se borra la pantalla del LCD, dando paso a otro menú en donde da la opción de escoger el tipo de lectura que se desea realizar. Ver Figura 17.

Figura 17. Menú Tipo de lectura



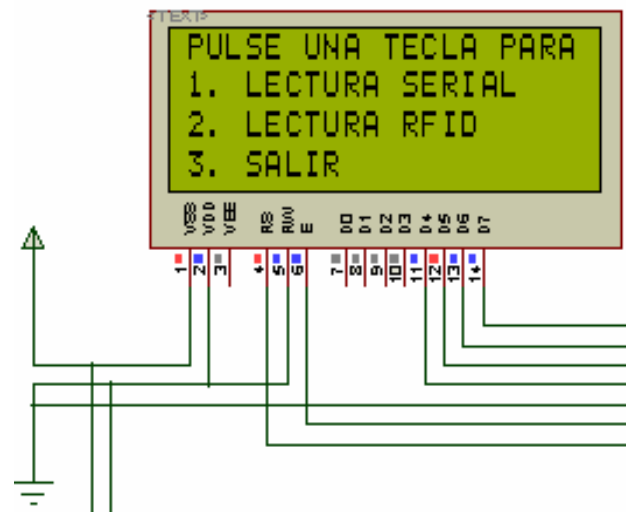
Si el usuario presiona una tecla diferente a la tecla 1. Aparecerá un mensaje de ERROR. Ver Figura 18.

Figura 18. Mensaje de Error



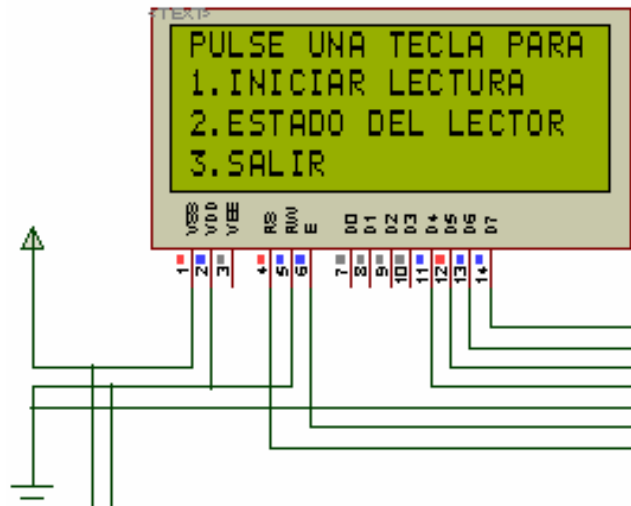
En la rutina menu2lcd se muestra un menú de opciones para que el usuario escoja que tipo de lectura desea realizar. Ver Figura 19.

Figura 19. Menú de opciones de Lectura



Si el usuario presiona la tecla 1 o 2 aparecerá un menú en donde hay tres opciones. Ver Figura 20.

Figura 20. Menú de opciones para Lecturas Serial y RF.



**Lectura serial.** Se realiza esta rutina con el fin de llevar a cabo la transmisión de datos por puerto serial RS232 (PC-Microcontrolador y Microcontrolador-PC).

Si el usuario escoge la opción 1 (Iniciar lectura), entonces se ejecuta una rutina que permite enviar un dato desde el puerto serial y ser visualizado en el LCD. Ver Figura 21.

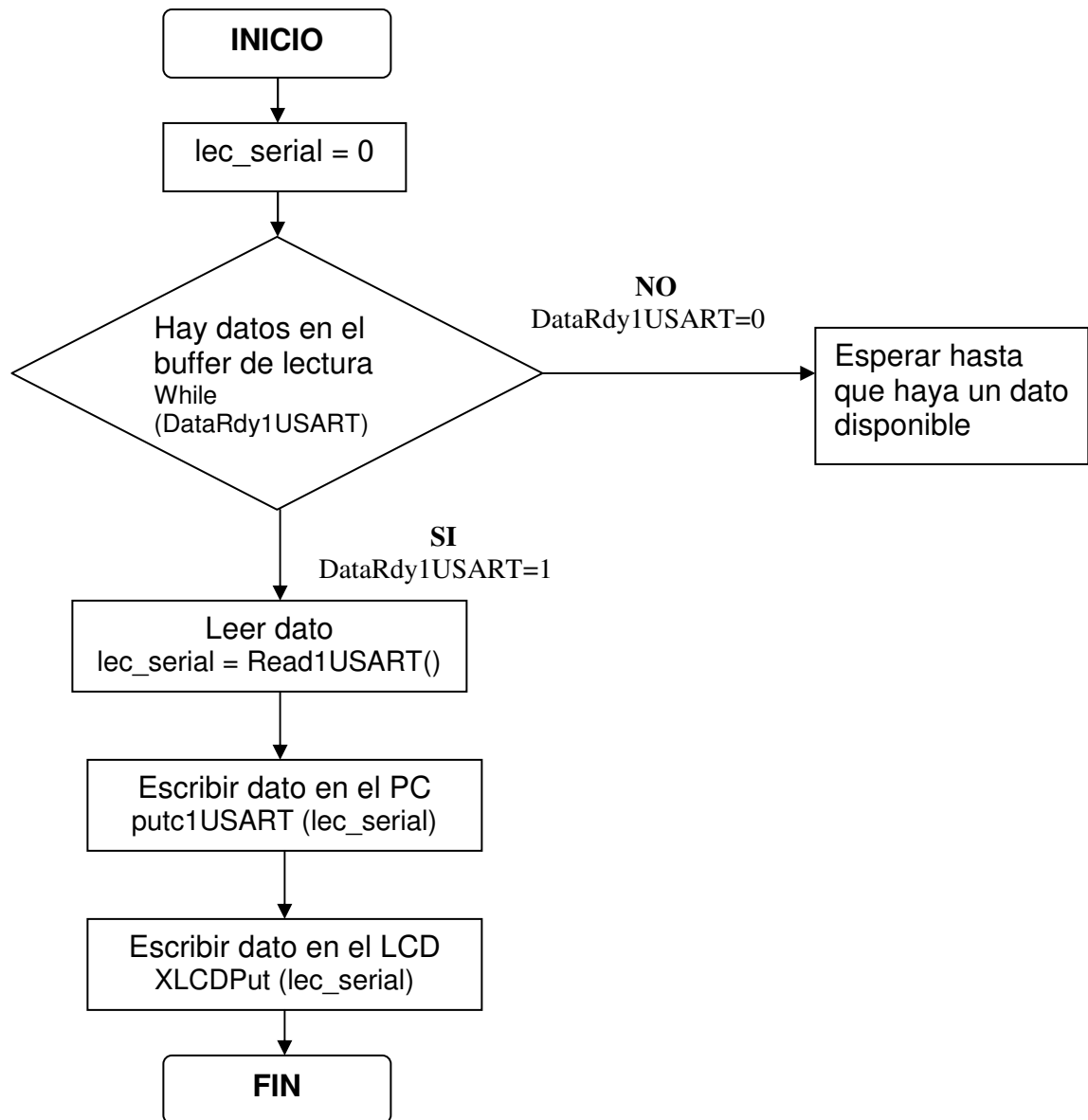
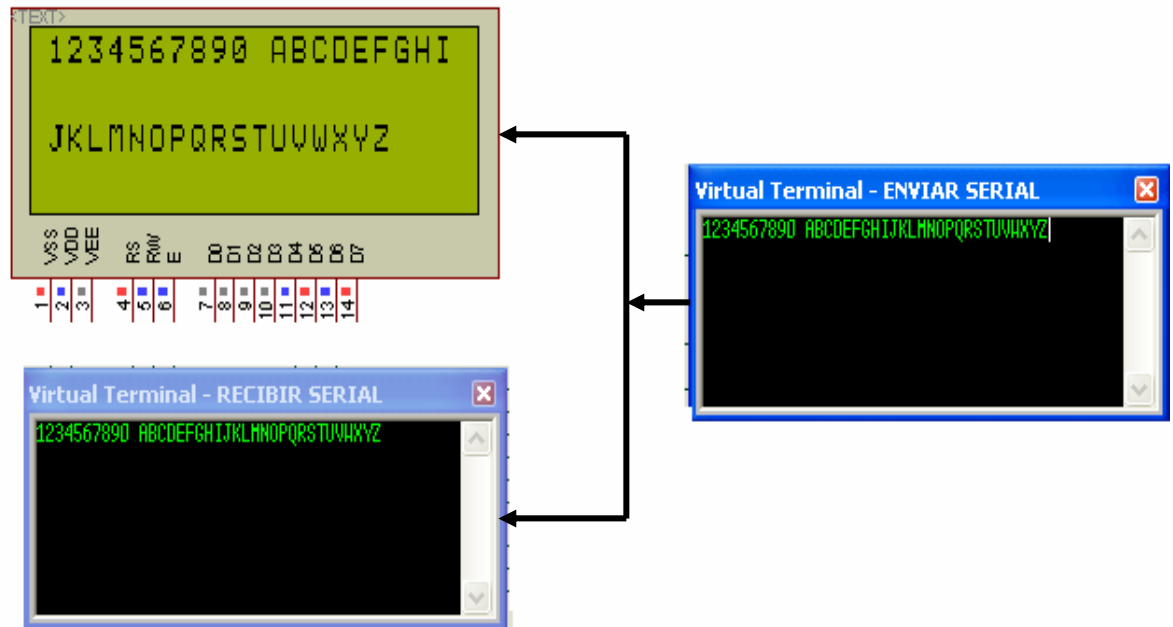


Figura 21. Transmisión serial



Se observa que el dato que esta siendo enviado por el Virtual Terminal - ENVIAR SERIAL, es visualizado en el LCD y en el Virtual Terminal - RECIBIR SERIAL, que en este caso simula la computadora. De esta forma se comprueba que se esta transmitiendo datos de manera exitosa.

En caso que el usuario escoja la opción 2 (Estado del lector), se ejecutara una rutina que determina si el modulo USART esta o no habilitado. Ver figura 22 y 23.

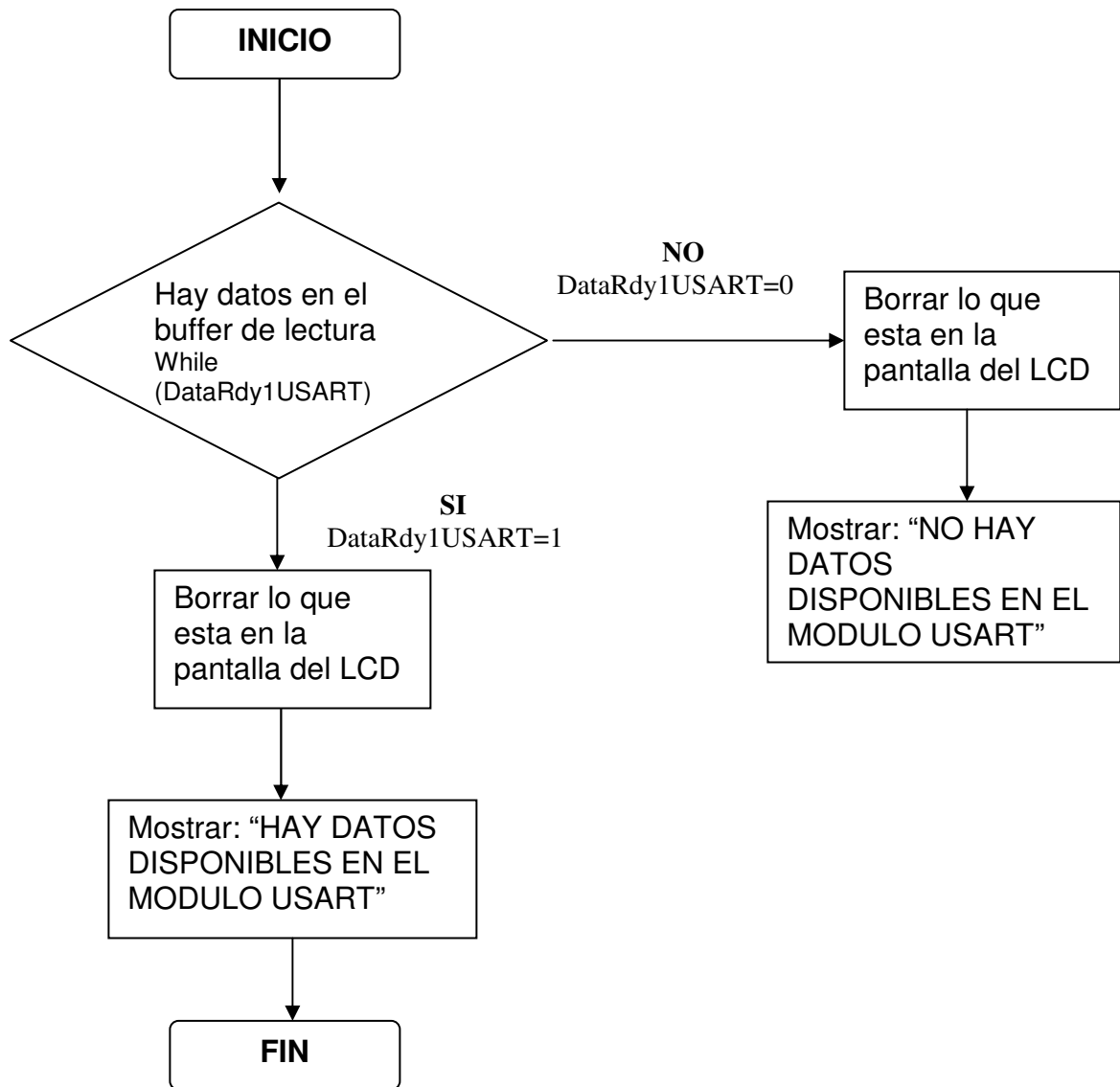




Figura 22. Modulo USART habilitado

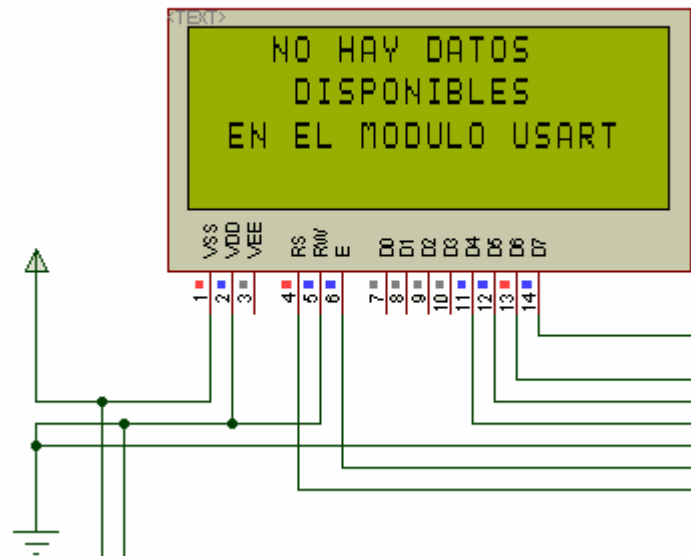
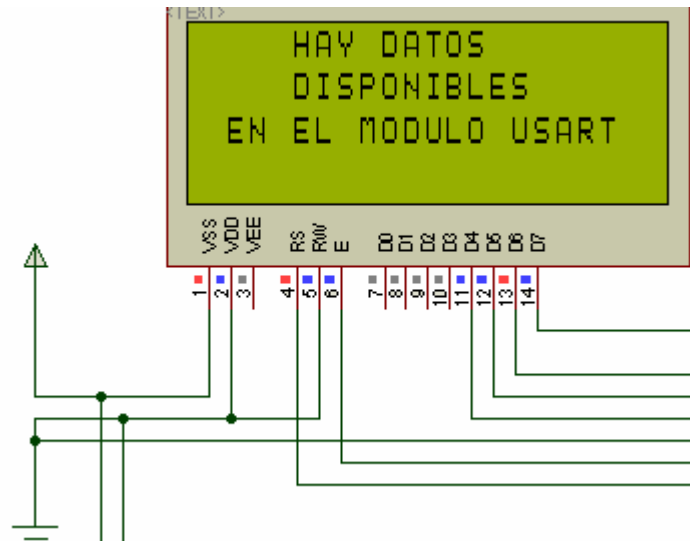


Figura 23. Modulo USART deshabilitado



Para poder ejecutar las anteriores rutinas, es necesario configurar el modulo USART en la rutina main, de la siguiente forma:

```
Open1USART (USART_TX_INT_OFF &
            USART_RX_INT_OFF &
            USART_ASYNC_MODE &
            USART_EIGHT_BIT &
            USART_CONT_RX &
            USART_BRGH_HIGH, 129);
```

Esta función configura las interrupciones de transmisión y recepción (en este caso en OFF), se indica que se desea trabajar el modulo USART de modo asíncrono, a 8 bits, recepción continua, alta tasa de baudios. El coeficiente 129 se obtiene a partir de una formula para determinar que la velocidad de transmisión de datos será 9600 Baudios.

$$F_{osc} / (16 * (\mathbf{spbrg} + 1))$$

En donde:

$$F_{osc} = 20 \text{ MHz}$$

$$\left( \frac{F_{osc}}{16 * 9600} \right) - 1 = \mathbf{spbrg}$$

$$\mathbf{spbrg} = 129$$

Si el usuario escoge la opción 3 (Salir) será llevado hasta el menú de inicio.



Para configurar correctamente el modo SPI, es necesaria la activación de los flags indicadores:

**SSPIF = PIR1<3> (Transmisión Completa).** Lectura/escritura. Indica que se ha completado un envío/recepción en SSPSR. Se debe poner a 0 por software, puede generar interrupción

**BF = SSPSTAT<0> (Buffer de recepción lleno).** Sólo lectura Se pone a 1 cuando se ha completado la recepción de un dato y se pone a 0 cuando se lee el registro SSPBUF.

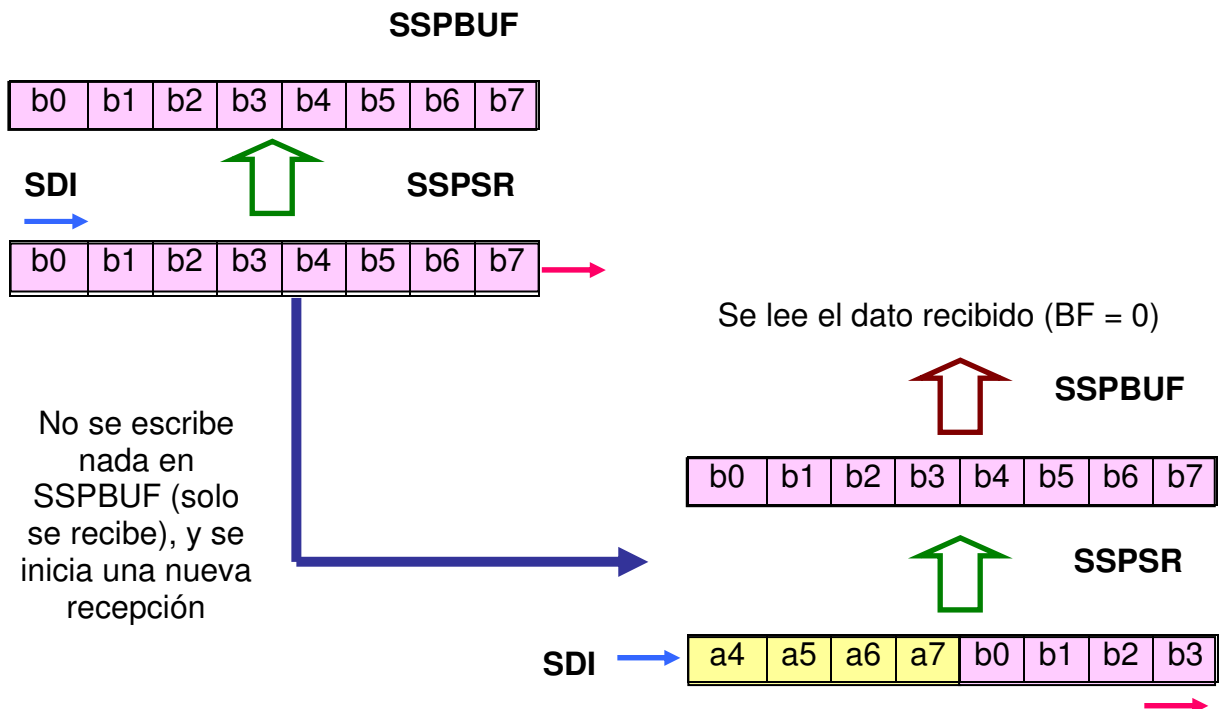
En este caso se empleara ya que se trabaja en modo de recepción

**WCOL = SSPCON<7> (Colisión de Escritura).** Lectura/escritura. Indica que se ha intentado escribir en SSPBUF mientras se está transmitiendo un dato previo. Si se da tal situación, se debe poner a 0 por software

El modo SPI será utilizado, para este caso, solamente para recibir datos (SDI). Entonces SSPBUF se utiliza como buffer intermedio de recepción, iniciando la recepción de un nuevo dato antes de leer el dato que se acaba de recibir. Ver Figura 25.

Figura 25. Recepción de datos.

Se completa la recepción de un dato (BF = 1).



El dispositivo MAESTRO es el microcontrolador PIC18F6720, éste inicia una nueva transferencia cargando el dato en SSPBUF.

En la inicialización del modo SPI es necesario tener en cuenta los siguientes ítems:

**Modo de funcionamiento.** Maestro (SCK salida).

**Polaridad del Reloj.** Estado Inactivo del Reloj (SCK) a “1” ó a “0”

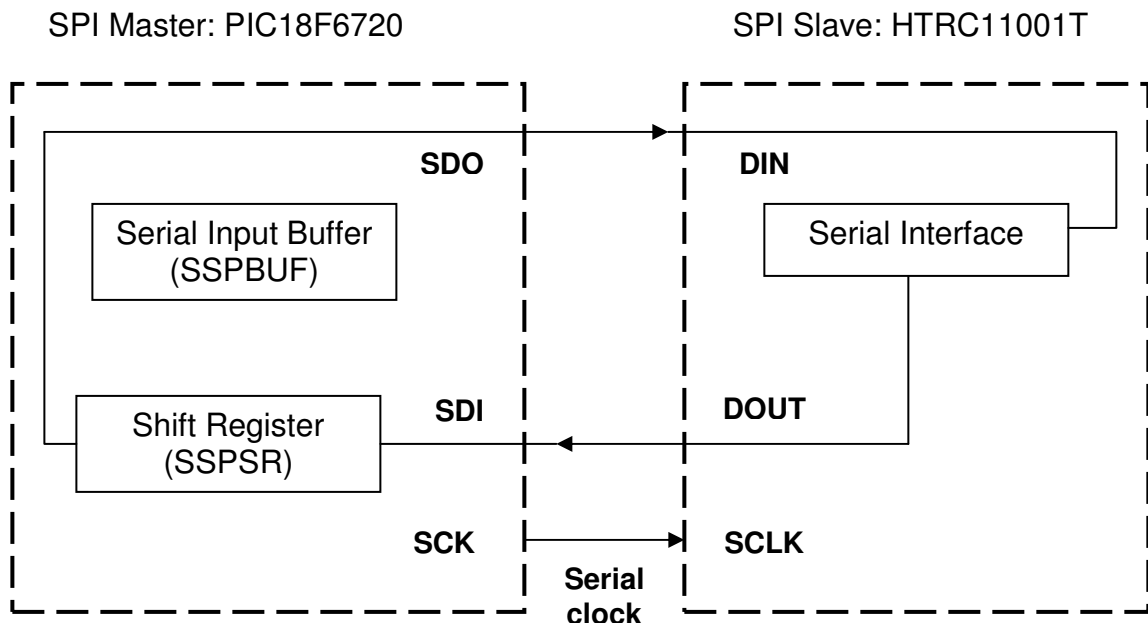
**Flancos activos del Reloj.** Salida de bits en flancos de subida o bajada en SCK.

**Muestreo bits de datos.** Muestreo de entrada en el “centro” o al “final” del bit.

**Frecuencia de Reloj.** En este caso se trabaja en modo MAESTRO entonces: frecuencia en salida SCK.

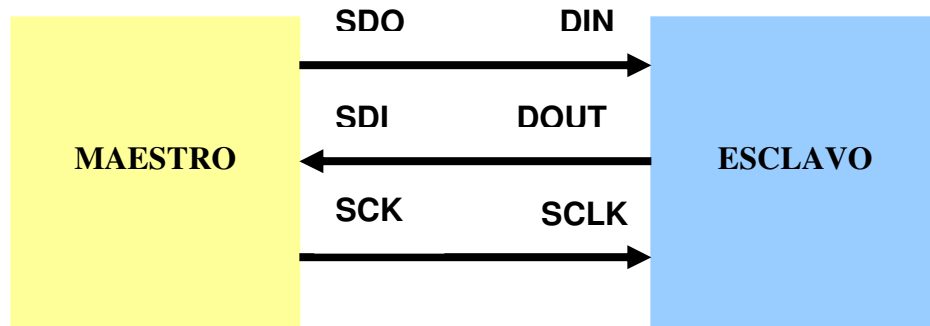
El dispositivo Maestro inicia la transferencia enviando la señal de reloj SCK, los datos salen en los flancos programados y se capturan las entradas en el momento indicado con el bit SMP. Ver Figura 26.

Figura 26. Conexión Maestro – Esclavo



El tipo de conexión que existe entre el Maestro y el Esclavo es Conexión a 3 hilos. Ver figura 27.

Figura 27. Conexión a 3 hilos



Lo que se debe hacer a continuación, es determinar la funcionalidad de los pines **SDI**, **SDO** y **SCK** mediante los bits de configuración, es necesario además que los bits de dirección de datos (en TRISC) tengan la dirección adecuada:

**SDI (RC4).** Debe tener  $TRISC<4> = 1$  para ser entrada de datos

**SDO (RC5).** Debe tener  $TRISC<5> = 0$  para que sea salida de datos

**SCK (RC3).** Debe tener  $TRISC<3> = 0$  ya que el microcontrolador es MAESTRO. Ver 9.3.4. Configuración de Puertos.

- **Funcionamiento del PIC18F6720 como MAESTRO.**

- El Maestro puede iniciar la transferencia en cualquier momento puesto que controla la línea SCK.

- En modo Maestro, la transmisión/recepción se inicia tan pronto como se escribe en el registro SSPBUF. Puesto que se desea sólo recibir, la línea SDO se desactiva definiéndola como entrada, los datos presentes en la línea SDI irán entrando al registro SSPSR a la velocidad marcada por el reloj de transferencia.

- La velocidad de transferencia del modo SPI es programable entre los valores:

$F_{osc}/4$

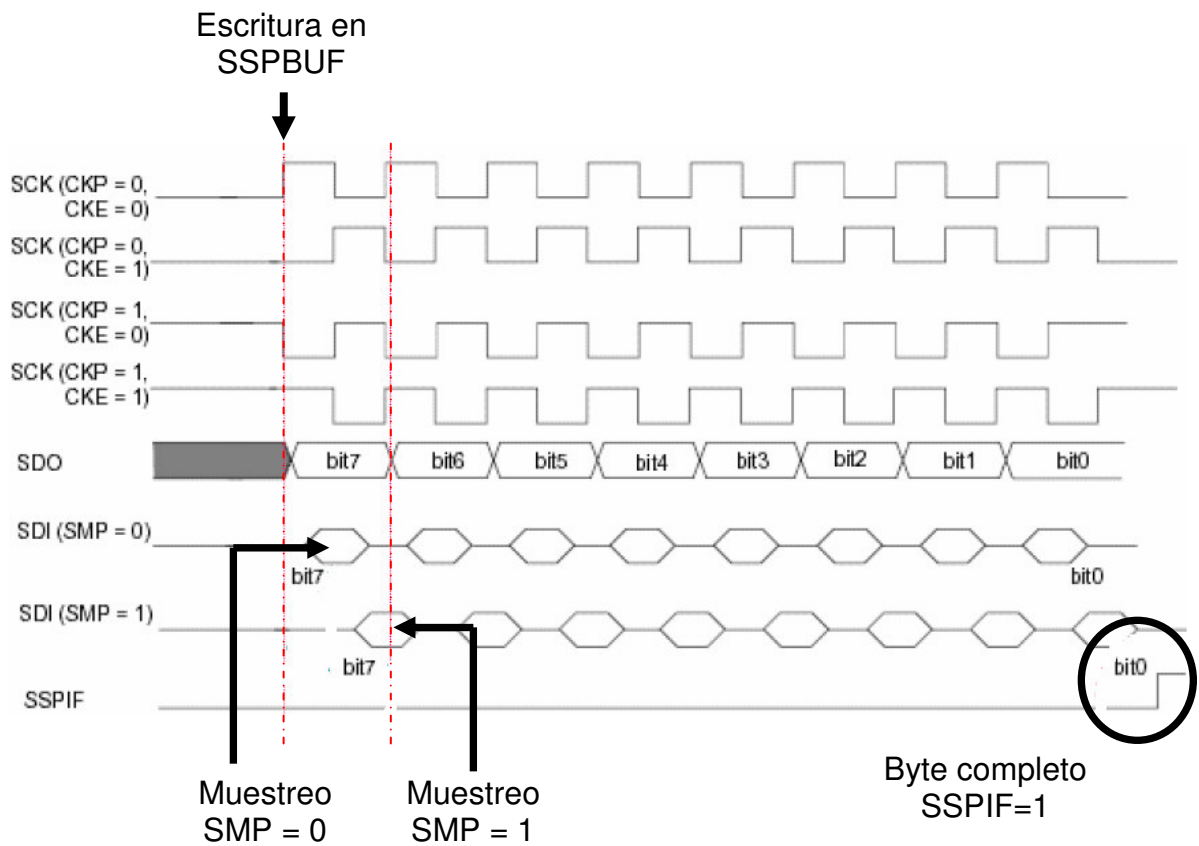
$F_{osc}/16$

$F_{osc}/64$

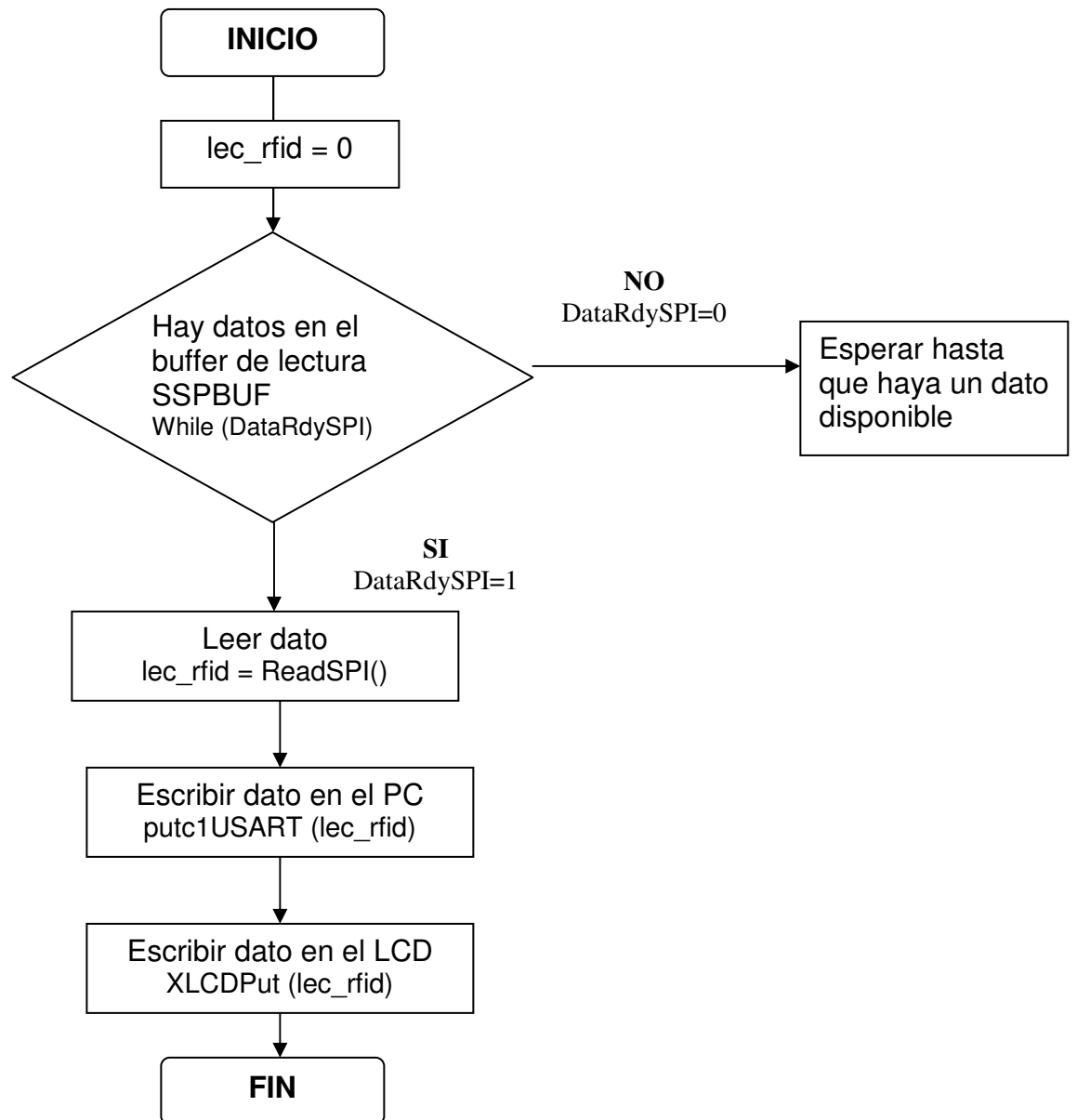
En este caso se utiliza  $F_{osc}/16$  con  $F_{osc}=20\text{MHz}$

- La polaridad del reloj y los flancos activos se configuran con los bits CKP y CKE Ver figura 28.

Figura 28. Cronograma SPI Maestro



Aplicando todo lo anterior, la rutina que se ha creado por software es la siguiente:





Si el usuario escoge la opción 2 (Estado del lector) se ejecuta una rutina que le dice al usuario si hay un dato en el buffer serial de recepción y transmisión de datos (SSPBUF). Ver Figuras 24 y 25.

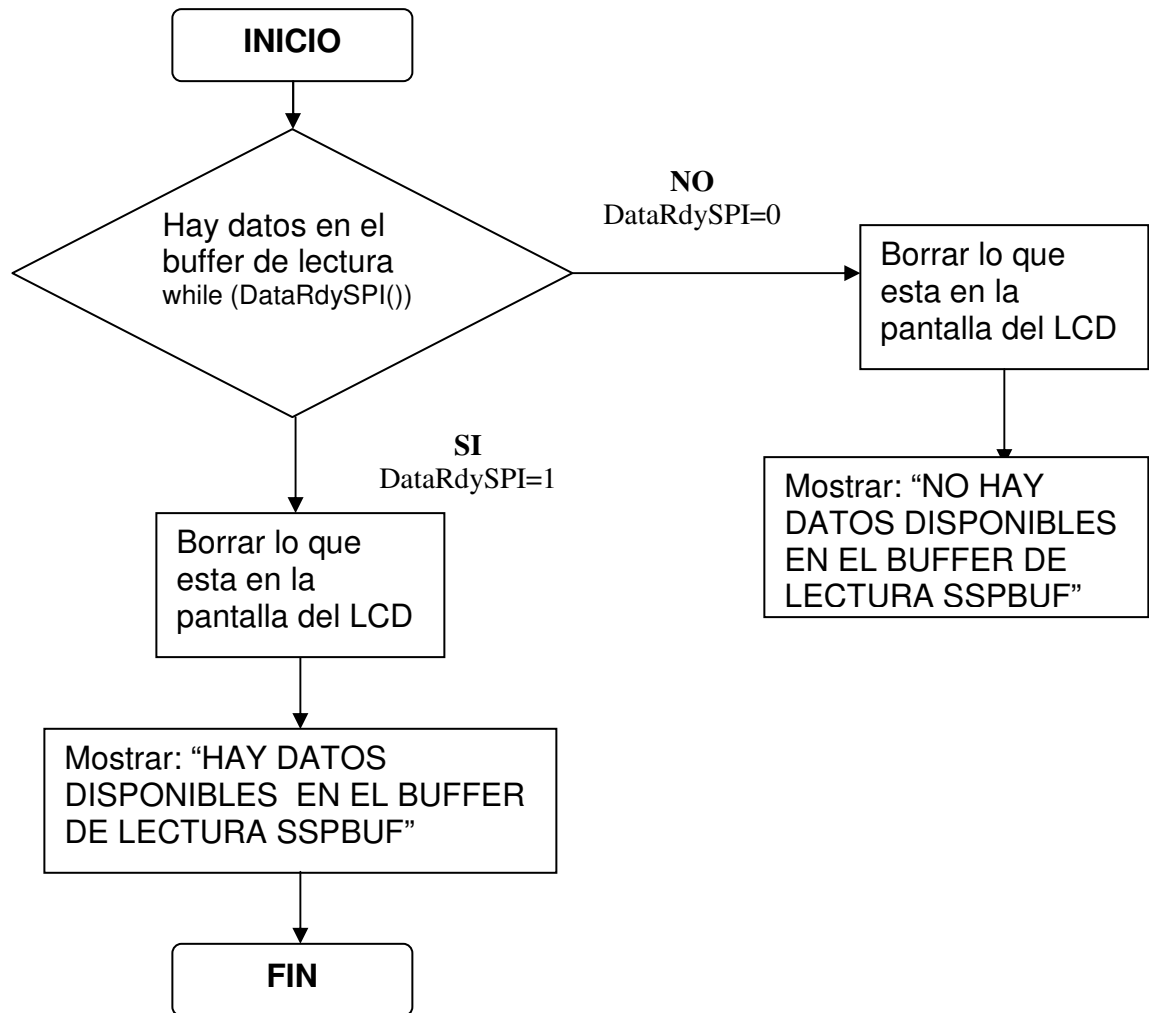


Figura 29. Buffer SSPBUF habilitado

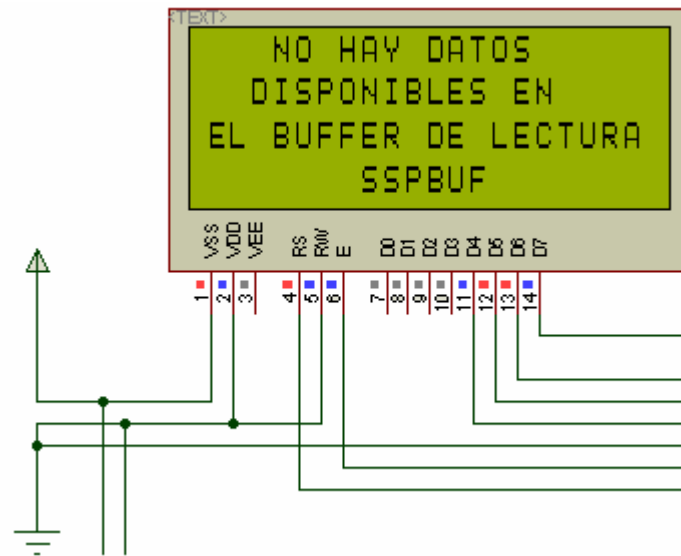
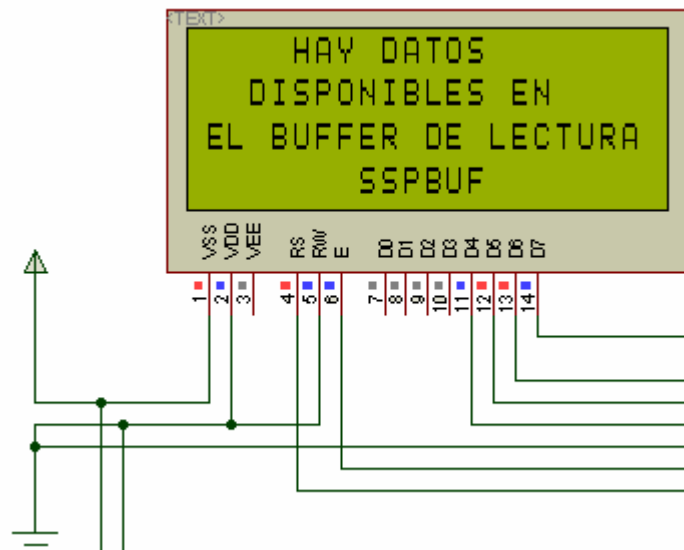


Figura 30. Buffer SSPBUF deshabilitado

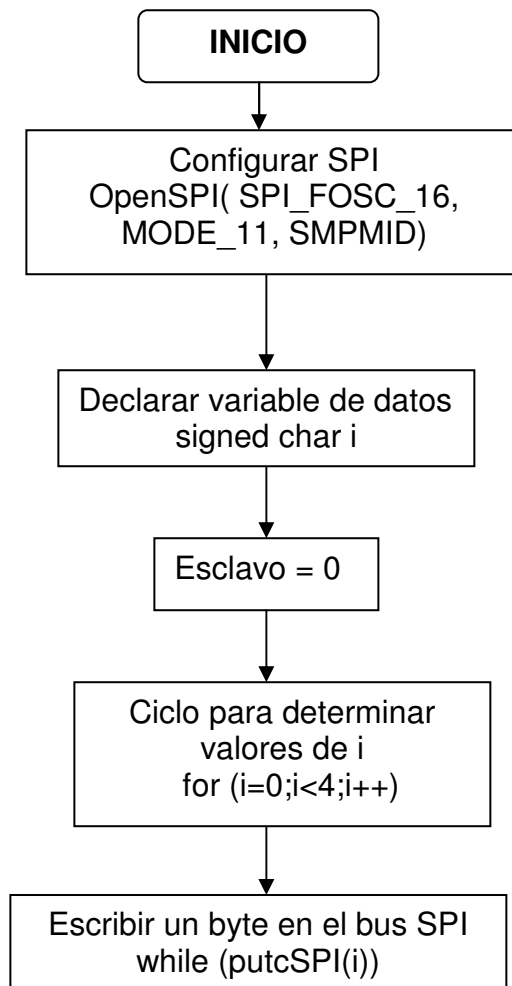


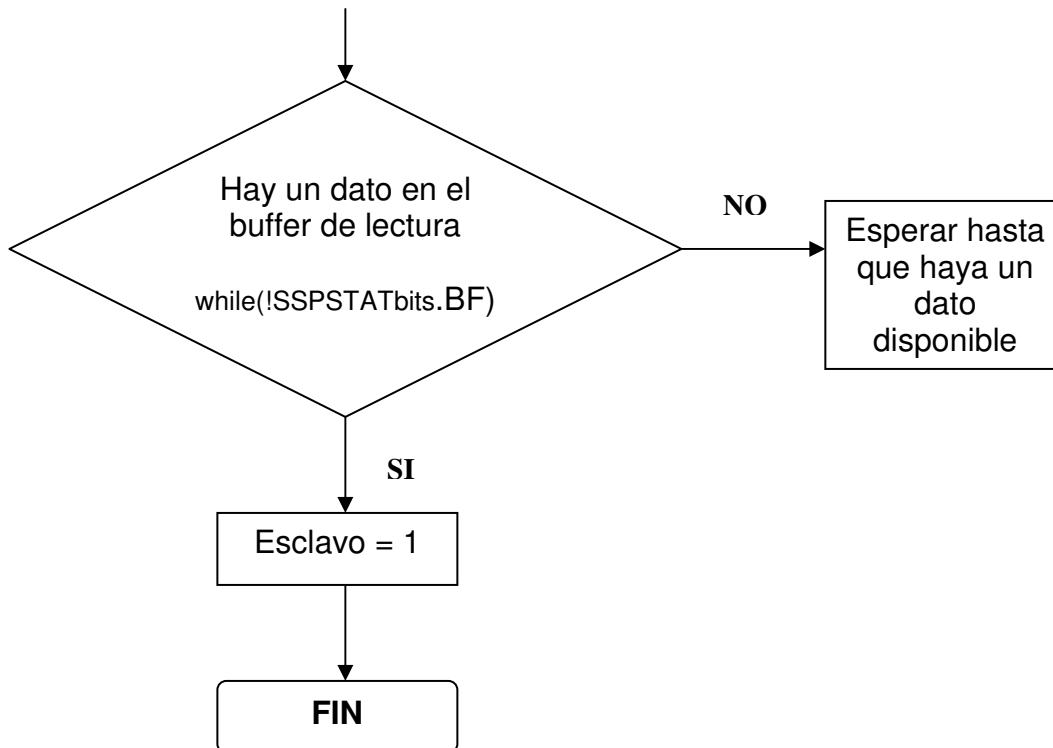
Si el usuario escoge la opción 3 (Salir) será llevado hasta el menú de inicio.

Con el fin de comprobar que la comunicación SPI se realiza de manera óptima, se desarrollaron unas rutinas de prueba. Para ello, se comunican dos PIC 18F6720,

uno de ellos es el dispositivo Maestro, y es quien envía los datos por SPI al segundo microcontrolador, el cual trabaja en modo Esclavo. Dichos datos se muestran en el Virtual Terminal por medio del modulo USART. Ver Anexo 4.

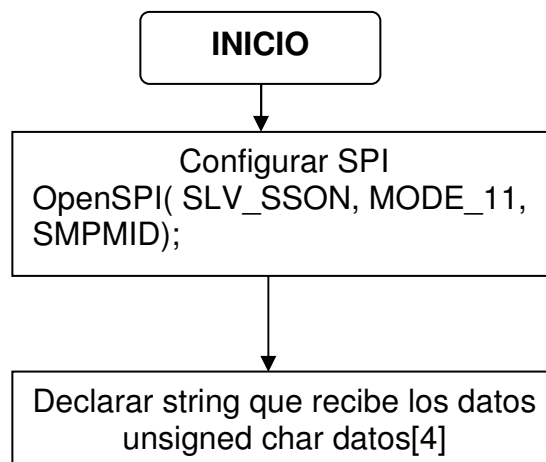
**Maestro SPI.** Después de configurar los TRIS de manera correcta, se configura el SPI, anteriormente se ha asignado el estado idle del clock (1) y se selecciona una frecuencia de trabajo. El ChipSelect será llevado a cabo mediante PortA 2, y cada vez que haya transmisión de un dato, incrementa el registro y llama al retardo para poder visualizarlo.





**Esclavo SPI.** Se configura PortA como salidas digitales, excepto PortA 2 que es la entrada de SS' (Activa el modo Esclavo).

Después de haber configurado los registros, el programa continuamente esta verificando si el bit BF ha sido puesto (transmisión completa), cuando así sea, mostrará el valor recibido por el medio del modulo USART.



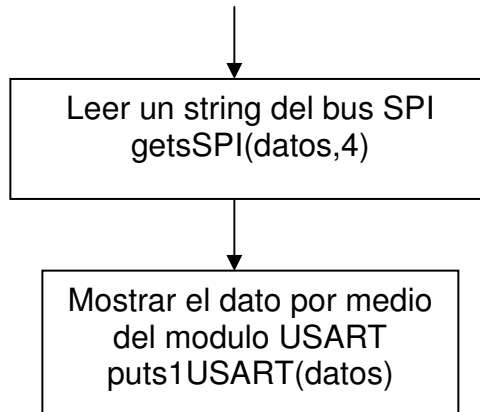
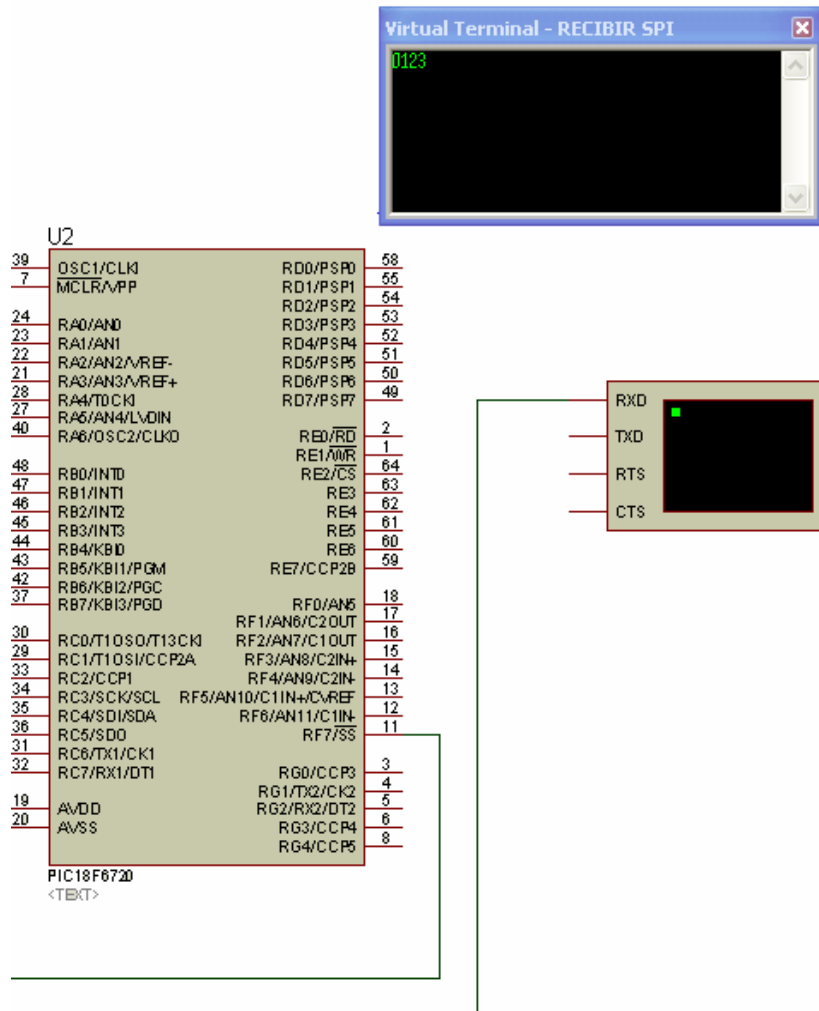


Figura 31. Transmisión de datos entre dos PIC 18F6720 por SPI



Se puede observar que efectivamente existe una comunicación entre los dos microcontroladores. En la figura se muestra el dato visualizado en el Virtual Terminal, el cual ha sido enviado desde el Maestro hacia el Esclavo y éste lo muestra mediante el modulo USART que posee.

#### 9.4. DISEÑO DE LA ANTENA

La principal función de la antena es generar en el espacio cercano, una disposición de campo electromagnético correspondiente a la señal RF del dispositivo lector, que permita la energización de los transpondedores situados en la zona de lectura. La antena se encarga, por otro lado, de captar la señal de RF emitida por el *tag*, de modo que el lector reciba a su vez el nivel necesario de señal para la demodulación.

La correcta selección de la configuración de antena, a partir de los requerimientos de una aplicación determinada, es fundamental para la correcta implementación de un sistema RFID. Cada tipo de antena define una distribución determinada de campo electromagnético en el espacio que las rodea. Esta distribución de campo depende de múltiples factores:

**Factores geométricos.** Tamaño y posición. Estos parámetros definen la relación entre la corriente que el lector hace circular por la antena, y las características del campo electromagnético generado en cada punto del espacio.

**Factores eléctricos.** La antena tiene un determinado comportamiento eléctrico frente al lector. La geometría de la antena, el material de que esté compuesta e incluso el resto de los factores geométricos descritos anteriormente, definen las características de resonancia de la antena, es decir, la forma en que se comporta frente a la señal enviada por el lector.

**Entorno.** Algunos elementos del entorno, como metales o ferritas, modifican tanto la distribución del campo generado en el espacio, como las características eléctricas de la antena. Asimismo, parámetros como la temperatura, o humedad relativa (en el caso de variaciones extremas), pueden influir en el funcionamiento del conjunto.

Es fundamental para la correcta implementación de un sistema RFID, el control de todos estos factores.

La antena que se ha elegido utilizar es una **ANTENA TX/RX COMÚN** ya que esta permite conectar al lector una única antena funcionando tanto en transmisión como en recepción. Se trata de una disposición sencilla, y que cumple con el requerimiento del sistema en cuanto a alcances no muy estrictos.

**9.4.1 Sintonía de la Antena.** Consiste en el proceso de adaptación de las características eléctricas de la antena a las requeridas por el dispositivo lector para un funcionamiento óptimo. Es decir, se trata de conseguir que a la frecuencia de trabajo, la antena presente al lector una impedancia igual a la conjugada (igual magnitud, fase opuesta) de este. En estas condiciones, se consigue la máxima transferencia de energía desde el lector hacia la antena.

Existen una serie de medidas que indican si la sintonía de la antena es o no correcta.

**Potencia Directa.** La potencia de la señal de RF que el equipo entrega a la antena

**Potencia Reflejada.** La potencia de la señal de RF que la antena devuelve al equipo como consecuencia de la no correcta adaptación de impedancias

**ROE.** Es una relación entre la potencia directa y la reflejada. Se trata de una medida de la correcta sintonía de la antena. Valores de ROE cercanos a 1 corresponden a una sintonía adecuada. Valores por encima de 2 no se consideran adecuados.

Los parámetros eléctricos de una antena vienen determinados por una serie de factores, algunos de ellos son constructivos (forma, material,...). Estos elementos corresponden al diseño de la antena, de forma que, en este caso particular, se diseña una unidad de sintonía fija para la antena que adaptara las características eléctricas de la antena a las requeridas por el lector.

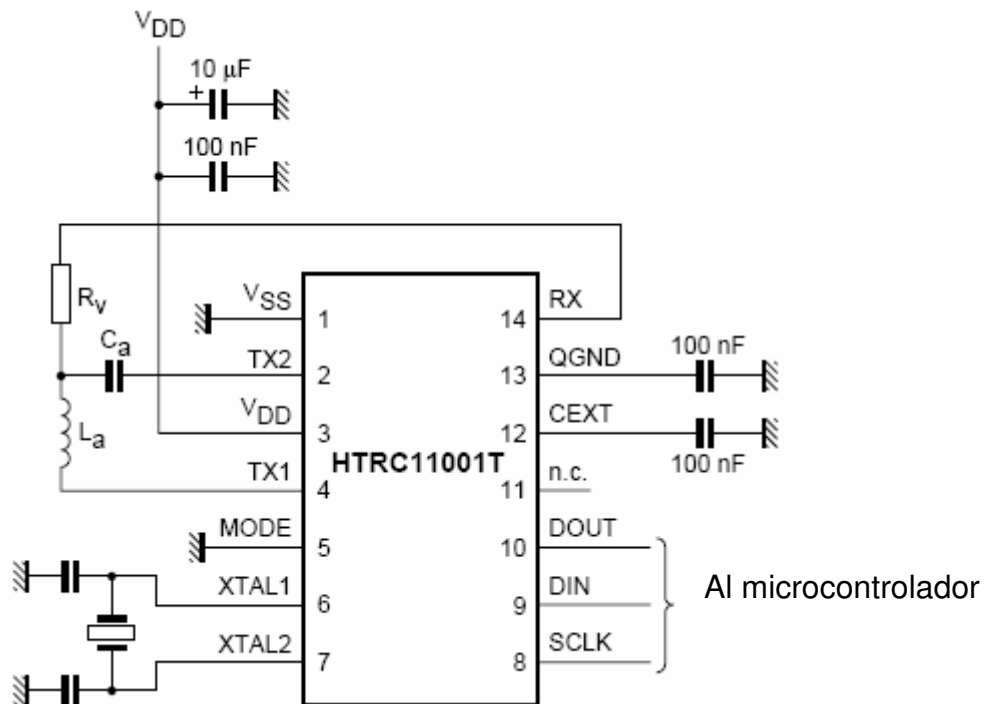
Sin embargo, existen otros factores de tipo ambiental (temperatura, humedad relativa, elementos metálicos o ferromagnéticos situados en el entorno de la antena,...) que no pueden ser completamente tenidos en cuenta en el proceso de diseño de la antena.

Para ajustar las características eléctricas de la antena al funcionamiento en un determinado entorno, se utiliza un elemento denominado **Unidad de Sintonía de Antena (USA)**. Para este diseño se utiliza **Unidades de sintonía fija**, ya que consigue la adaptación de la antena al lector en unas determinadas condiciones ideales. Si estas condiciones corresponden a aquellas del entorno en el que se

instala el sistema, y estas no se ven modificadas con el tiempo, el sistema puede funcionar adecuadamente.

**9.4.2 Cálculo de valores para el circuito LCR.** Un punto importante en el diseño de la antena es medir la inductancia . Se tiene un circuito LCR, conformado por una bobina ( $L_a$ ), un capacitor ( $C_a$ ) y una resistencia ( $R_v$ ) la cual divide los altos voltajes del circuito LC, con el fin de ofrecer seguridad en los niveles de funcionamiento. Ver figura 26.

Figura 32. Circuito LCR



Para encontrar el valor de la inductancia y capacitancia necesario, se utiliza la siguiente formula:



$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Donde f es la frecuencia resonante (Hercios), es inductancia L (Henries) y C es la capacitancia (Farads).

$f_o = 125 \text{ KHz}$ .

Y se utiliza un capacitor de 1 nF.

Se calcula el valor de la inductancia (L):

$$L = \frac{1}{(2\pi 125)^2 * 1}$$

$L = 1,62 \text{ mH}$ .

Un punto importante en el diseño de la antena es a inducción magnética, esta se determina con base al número de vueltas que tenga el alambre magnético en un bucle. En general, un mayor radio del bucle se traducirá en una mayor distancia de lectura.

El principal desafío de diseño de la antena es determinar el número óptimo de vueltas, puesto que determina la inductancia del bucle. Para el calculo de la cantidad de vueltas necesarias para alcanzar una determinada inductancia, se utiliza la siguiente formula.

$$N = (29L/0.394a) \frac{1}{2}$$

Donde N es el número de vueltas, a es el radio de la bobina (cm), y L es la inductancia (mH.). Para calcular el radio de la bobina se utiliza la siguiente formula:

$$a = \sqrt{2r}$$

Donde r es el rango de lectura.

Para el lector HTRC11001T el rango máximo de lectura es 10 cm., los cálculos se realizan para tres valores de rango de lectura:

- $r = 5 \text{ cm.}$

$$a = \sqrt{2 * 5}$$

$$a = 1.77 \text{ cm}$$

- $r = 7 \text{ cm.}$

$$a = \sqrt{2 * 7}$$

$$a = 3.74 \text{ cm}$$

- $r = 10 \text{ cm}$

$$a = \sqrt{2 * 10}$$

$$a = 4.47 \text{ cm}$$

Calculando un valor promedio  $a = 3.32 \text{ cm}$

Retomando la ecuación:

$$N = (29L / 0.394a) \frac{1}{2}$$

Se encuentra el valor de N:

$$N = (29 * 1.62 / 0.394 * 3.32) \frac{1}{2}$$

$$N = 18 \text{vueltas}$$

La antena es un componente importante dentro del diseño del modulo de comunicación para dispositivos RFID, ya que dependiendo de las características que se le den a esta en el proceso de diseño, varia el rango de lectura del dispositivo. Es decir, a partir del calculo de la impedancia (L), se puede establecer el valor de la frecuencia con la que se desea trabajar, y a partir de esto se obtendrán los valores siguientes.

## 10. CONCLUSIONES

- Se realizó una amplia investigación acerca de los sistemas RFID, logrando identificar y seleccionar los dispositivos de mayor conveniencia para el diseño de modulo de comunicación, en cuanto a características, costos y funcionalidad de los mismos.
- Se escogió el protocolo de comunicación RS232 para llevar a cabo la comunicación entre el modulo de comunicación para dispositivos RFID y el PC, debido a que es un protocolo que se adapta a la tasa de transmisión requerida (9.600 Baudios) y es altamente utilizado en el entorno industrial para comunicar un solo equipo con una unidad master.
- El diseño del modulo de comunicación para dispositivos RFID se realizo de manera que fuese posible variar su rango de frecuencia y lectura, con el fin de adaptar el sistema a diversas aplicaciones.
- El diseño del modulo de comunicación para dispositivos RFID esta sujeto a los requerimientos planteados por la empresa ROBOTEK Ltda., los cuales en conjunto con los requerimientos que se hicieron necesarios durante el proceso, redundó en el diseño de un sistema óptimo.
- Se logro crear una interfaz y un manejo sencillo de las funciones que el sistema ofrece, tales como Menús de bienvenida, selección de opciones de lectura, mensajes de error, etc.
- Los Sistemas RFID de baja frecuencia, y específicamente el Modulo de comunicación diseñado en el presente trabajo de grado, funciona de manera eficiente para aplicaciones de identificación, control de acceso y presencia.
- Gracias a herramientas adquiridas durante el desarrollo de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, tales como Metodología de diseño, manejo de software de diseño y programación, fue posible obtener un resultado óptimo en cuanto a características de diseño y funcionalidad.

## BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO DURAN, Víctor José; SANDOVAL GARCÍA, Alejandro; SANDINO ARIZA, Juan Sebastián. Sistema de Registro y control de salida de elementos mediante dispositivos RFID. Bogotá, D.C., 2004. 63 p. Trabajo de Grado (Profesionales en Ingeniería Electrónica). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería.

FINKENZELLER, Klaus. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. 2 ed. United States: John Wiley and Sons, 2003. 446 p.

HERVÁS LUCAS, Ramón. Tecnología y Aplicaciones de RFID. Granada, España, 2005. Trabajo de Doctorado (Profesional en Arquitectura y Gestión de la Información y del Conocimiento de sistemas en Red). 26 p. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial.

Identificación Automática y Captura de datos [en línea]. Pittsburgh, PA, USA: High Tech Aid, 2002. [Consultado 08 de Octubre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.hightechaid.com>.

SHEPARD, Steven. RFID. Radio Frequency Identification. New York: Mcgraw-Hill Professional, 2004. 352 p.

Soluciones y servicios RFID [en línea]. España: Kifer, 2002. [Consultado 12 de Octubre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.kifer.es>

Tecnología RFID y Redes [en línea]. Dublín: SyBase iAnywhere, 2000. [Consultado 12 de Octubre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.ianywhere.com>.

## ANEXOS

### Anexo A. Características principales del dispositivo HTRC11001T

Philips Semiconductors

Product specification

HITAG reader chip

HTRC11001T

#### 1 FEATURES

- Combines all analog RFID reader hardware in one single chip
- Optimized for HITAG transponder family
- Robust antenna coil power driver stage with modulator
- High performance adaptive sampling time AM/PM demodulator (patent pending)
- Read and write function
- On-chip clock oscillator
- Antenna rupture and short circuit detection
- Low power consumption
- Very low power standby mode
- Low external component count
- Small package SO14.

#### 2 APPLICATIONS

- RFID systems.

#### 3 GENERAL DESCRIPTION

HITAG<sup>(1)</sup> is the family name of the reader chip HTRC11001T to use with transponders which are based on the HITAG tag ICs (HT1ICS3002x or HT2ICS2002x).

(1) HITAG - is a trademark of Philips Semiconductors  
Gratkorn GmbH.

#### 4 QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V <sub>DD</sub>	supply voltage		4.5	5.0	5.5	V
f <sub>clk</sub>	clock frequency	programmable	4	—	16	MHz
f <sub>res</sub>	antenna resonant frequency		—	125	—	kHz
I <sub>ant(p)</sub>	antenna driver output current (peak value)	continuous	—	—	200	mA
T <sub>amb</sub>	ambient temperature		−40	—	+85	°C

#### 5 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
HTRC11001T	SO14	plastic small outlet package; 14 leads; body width 3.9 mm	SOT108-1



The receiver parameters (gain factors and filter cut-off frequencies) can be optimized to system and transponder requirements. The HTRC11001T is designed for easy integration into RF identification readers.

State-of-the-art technology allows almost complete integration of the necessary building blocks. A powerful antenna demodulator and driver, together with a low-noise adaptive sampling time demodulator, a programmable filter, amplifier and digitizer, build the complete transceiver unit, required to design high-performance readers.

A three-pin microcontroller interface is employed for programming the HTRC11001T as well as for the bidirectional communication with the transponders. The three-wire interface can be changed into a two-wire interface by connecting the data input and the data output.

Tolerance dependent zero amplitude modulation will cause severe problems in envelope detector systems, resulting in the need of very low tolerance reader antennas. These problems are solved by the new Adaptive Sampling Time (AST) technique.

## HITAG reader chip

## HTRC11001T

## 6 BLOCK DIAGRAM

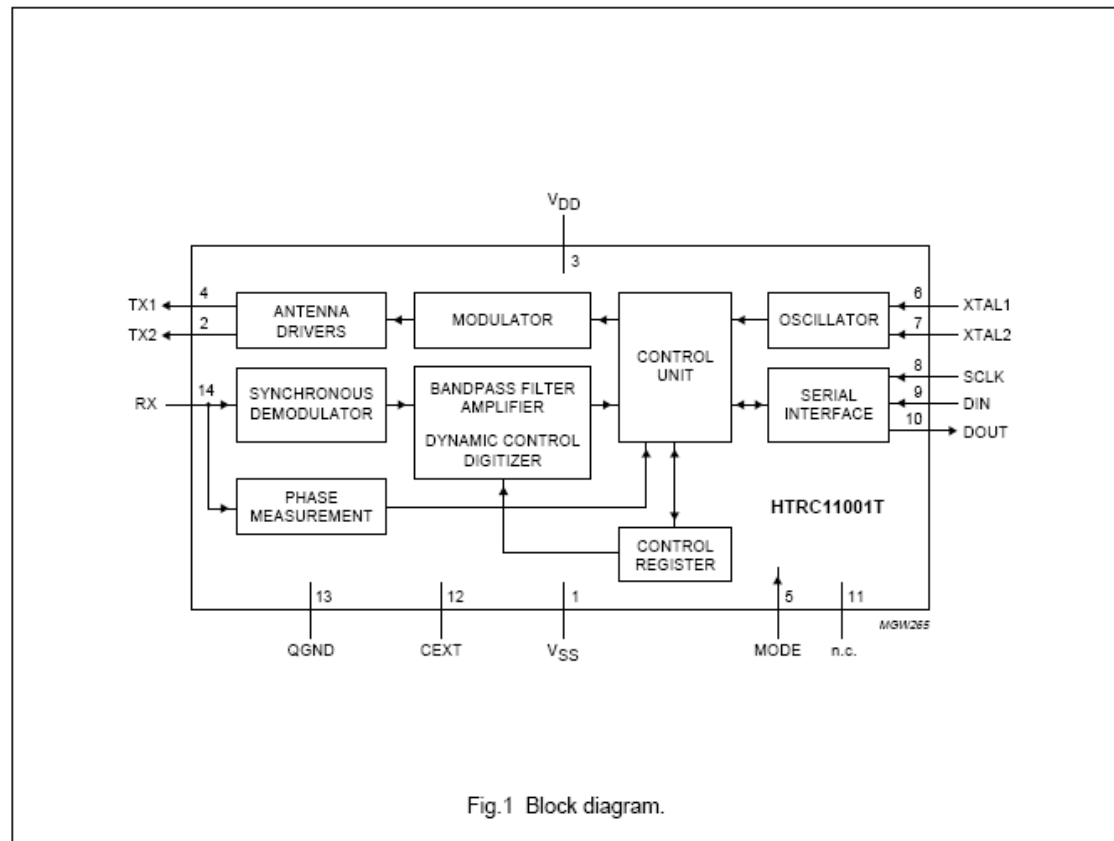


Fig.1 Block diagram.

## HITAG reader chip

HTRC11001T

## 7 PINNING

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
V <sub>SS</sub>	1	ground supply
TX2	2	antenna driver output 2
V <sub>DD</sub>	3	supply voltage (5 V stabilized)
TX1	4	antenna driver output 1
MODE	5	control input to enable filtering of serial clock and data input; for active antenna applications
XTAL1	6	oscillator input 1
XTAL2	7	oscillator input 2
SCLK	8	serial clock input of microcontroller interface
DIN	9	serial data input of microcontroller interface
DOUT	10	serial data output of microcontroller interface
n.c.	11	not connected
CEXT	12	high-pass filter coupling capacitor connection
QGND	13	internal analog virtual ground capacitor connection
RX	14	demodulator input

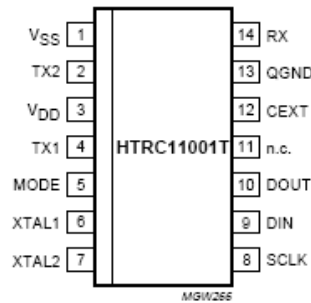


Fig.2 Pin configuration.



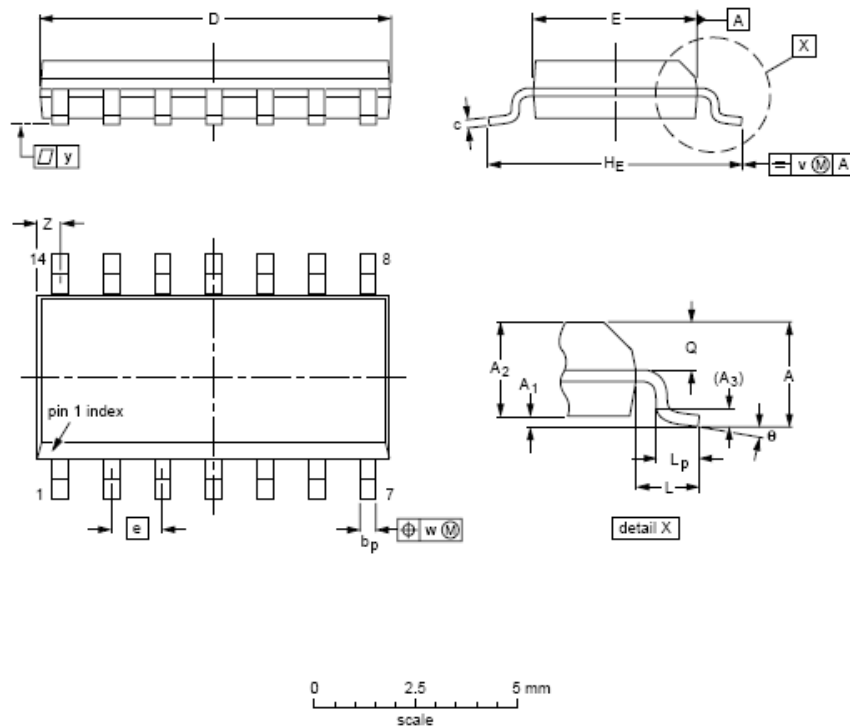
## HITAG reader chip

HTRC11001T

## 13 PACKAGE OUTLINE

SO14: plastic small outline package; 14 leads; body width 3.9 mm

SOT108-1




DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	b <sub>p</sub>	c	D <sup>(1)</sup>	E <sup>(1)</sup>	e	H <sub>E</sub>	L	L <sub>p</sub>	Q	v	w	y	Z <sup>(1)</sup>	θ
mm	1.75	0.25 0.10	1.45 1.25	0.25	0.49 0.36	0.25 0.19	8.75 8.55	4.0 3.8	1.27	6.2 5.8	1.05	1.0 0.4	0.7 0.6	0.25	0.25	0.1	0.7 0.3	8° 0°
inches	0.069	0.010 0.004	0.057 0.049	0.01	0.019 0.014	0.0100 0.0075	0.35 0.34	0.16 0.15	0.050	0.244 0.228	0.041	0.039 0.016	0.028 0.024	0.01	0.01	0.004	0.028 0.012	

## Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT108-1	078E06	MS-012				<del>97-05-22</del> 99-12-27

## Anexo B. Características principales del microcontrolador PIC18F6720

### 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

- |              |              |
|--------------|--------------|
| • PIC18F6520 | • PIC18F8520 |
| • PIC18F6620 | • PIC18F8620 |
| • PIC18F6720 | • PIC18F8720 |

This family offers the same advantages of all PIC18 microcontrollers – namely, high computational performance at an economical price – with the addition of high endurance Enhanced Flash program memory. The PIC18FXX20 family also provides an enhanced range of program memory options and versatile analog features that make it ideal for complex, high-performance applications.

### 1.1 Key Features

#### 1.1.1 EXPANDED MEMORY

The PIC18FXX20 family introduces the widest range of on-chip, Enhanced Flash program memory available on PICmicro® microcontrollers – up to 128 Kbyte (or 65,536 words), the largest ever offered by Microchip. For users with more modest code requirements, the family also includes members with 32 Kbyte or 64 Kbyte.

Other memory features are:

- **Data RAM and Data EEPROM:** The PIC18FXX20 family also provides plenty of room for application data. Depending on the device, either 2048 or 3840 bytes of data RAM are available. All devices have 1024 bytes of data EEPROM for long-term retention of nonvolatile data.
- **Memory Endurance:** The Enhanced Flash cells for both program memory and data EEPROM are rated to last for many thousands of erase/write cycles – up to 100,000 for program memory and 1,000,000 for EEPROM. Data retention without refresh is conservatively estimated to be greater than 40 years.

#### 1.1.2 EXTERNAL MEMORY INTERFACE

In the event that 128 Kbytes of program memory is inadequate for an application, the PIC18FXX20 members of the family also implement an External Memory Interface. This allows the controller's internal program counter to address a memory space of up to 2 Mbytes, permitting a level of data access that few 8-bit devices can claim.

With the addition of new operating modes, the External Memory Interface offers many new options, including:

- Operating the microcontroller entirely from external memory
- Using combinations of on-chip and external memory, up to the 2-Mbyte limit
- Using external Flash memory for reprogrammable application code, or large data tables
- Using external RAM devices for storing large amounts of variable data

#### 1.1.3 EASY MIGRATION

Regardless of the memory size, all devices share the same rich set of peripherals, allowing for a smooth migration path as applications grow and evolve.

The consistent pinout scheme used throughout the entire family also aids in migrating to the next larger device. This is true when moving between the 64-pin members, between the 80-pin members, or even jumping from 64-pin to 80-pin devices.

#### 1.1.4 OTHER SPECIAL FEATURES

- **Communications:** The PIC18FXX20 family incorporates a range of serial communications peripherals, including 2 independent USARTs and a Master SSP module, capable of both SPI and I<sup>2</sup>C (Master and Slave) modes of operation. For PIC18FXX20 devices, one of the general purpose I/O ports can be reconfigured as an 8-bit Parallel Slave Port for direct processor-to-processor communications.
- **CCP Modules:** All devices in the family incorporate five Capture/Compare/PWM modules to maximize flexibility in control applications. Up to four different time bases may be used to perform several different operations at once.
- **Analog Features:** All devices in the family feature 10-bit A/D converters, with up to 16 input channels, as well as the ability to perform conversions during Sleep mode. Also included are dual analog comparators with programmable input and output configuration, a programmable Low-Voltage Detect module and a programmable Brown-out Reset module.
- **Self-programmability:** These devices can write to their own program memory spaces under internal software control. By using a bootloader routine located in the protected Boot Block at the top of program memory, it becomes possible to create an application that can update itself in the field.

## 1.2 Details on Individual Family Members

The PIC18FXX20 devices are available in 64-pin and 80-pin packages. They are differentiated from each other in five ways:

- Flash program memory (32 Kbytes for PIC18FX520 devices, 64 Kbytes for PIC18FX620 devices and 128 Kbytes for PIC18FX720 devices)
- Data RAM (2048 bytes for PIC18FX520 devices, 3840 bytes for PIC18FX620 and PIC18FX720 devices)

- A/D channels (12 for PIC18F6X20 devices, 16 for PIC18F8X20)
- I/O pins (52 on PIC18F6X20 devices, 68 on PIC18F8X20)
- External program memory interface (present only on PIC18F8X20 devices)

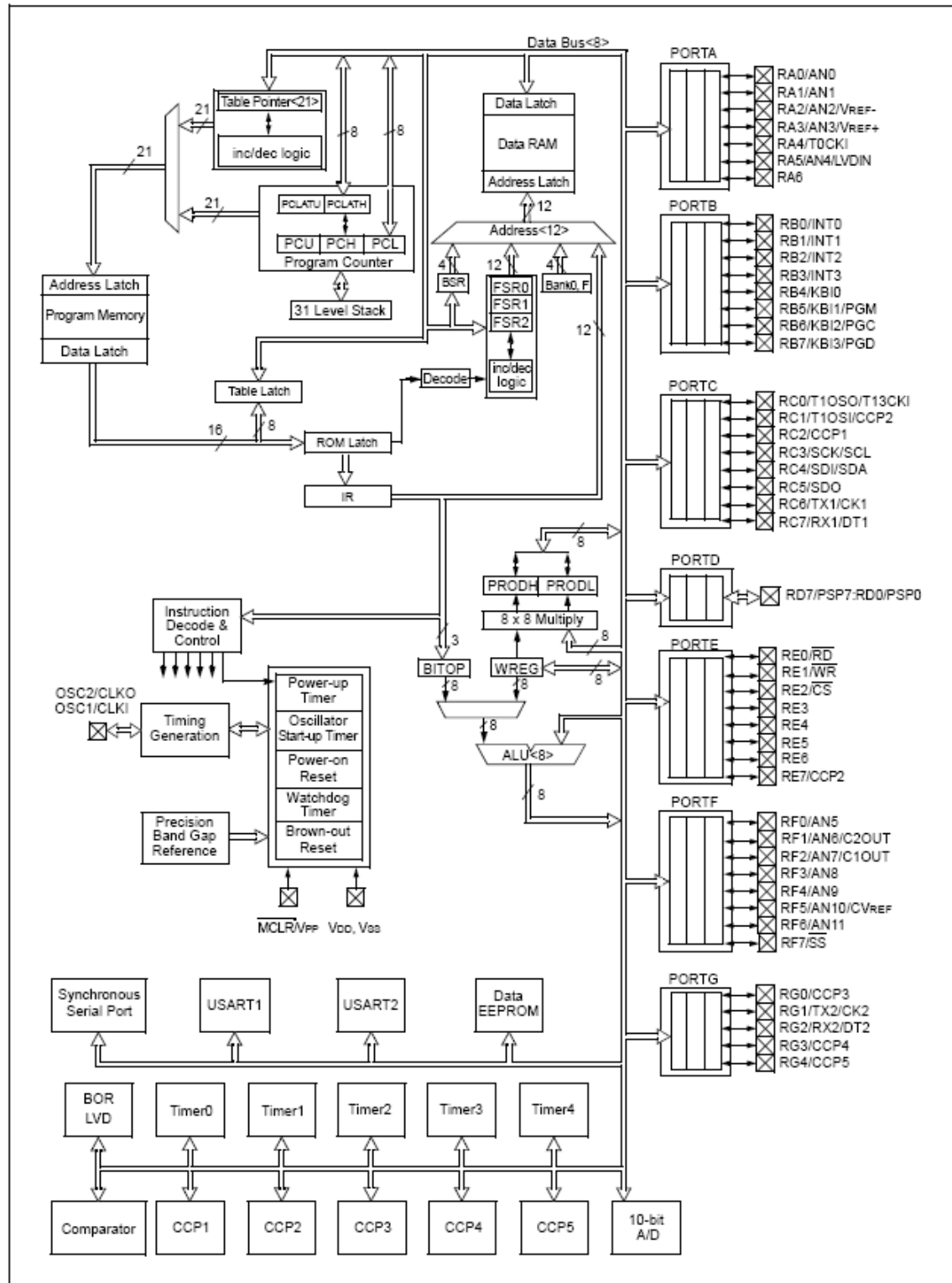
All other features for devices in the PIC18FXX20 family are identical. These are summarized in Table 1-1.

Block diagrams of the PIC18F6X20 and PIC18F8X20 devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2.

TABLE 1-1: PIC18FXX20 DEVICE FEATURES

Features	PIC18F6520	PIC18F6620	PIC18F6720	PIC18F8520	PIC18F8620	PIC18F8720
Operating Frequency	DC – 40 MHz	DC – 25 MHz	DC – 25 MHz	DC – 40 MHz	DC – 25 MHz	DC – 25 MHz
Program Memory (Bytes)	32K	64K	128K	32K	64K	128K
Program Memory (Instructions)	16384	32768	65536	16384	32768	65536
Data Memory (Bytes)	2048	3840	3840	2048	3840	3840
Data EEPROM Memory (Bytes)	1024	1024	1024	1024	1024	1024
External Memory Interface	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Interrupt Sources	17	17	17	18	18	18
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E, F, G	Ports A, B, C, D, E, F, G	Ports A, B, C, D, E, F, G	Ports A, B, C, D, E, F, G, H, J	Ports A, B, C, D, E, F, G, H, J	Ports A, B, C, D, E, F, G, H, J
Timers	5	5	5	5	5	5
Capture/Compare/PWM Modules	5	5	5	5	5	5
Serial Communications	MSSP, Addressable USART (2)	MSSP, Addressable USART (2)	MSSP, Addressable USART (2)	MSSP, Addressable USART (2)	MSSP, Addressable USART (2)	MSSP, Addressable USART (2)
Parallel Communications	PSP	PSP	PSP	PSP	PSP	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	12 input channels	12 input channels	12 input channels	16 input channels	16 input channels	16 input channels
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable Low-Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Instruction Set	77 Instructions	77 Instructions	77 Instructions	77 Instructions	77 Instructions	77 Instructions
Package	64-pin TQFP	64-pin TQFP	64-pin TQFP	80-pin TQFP	80-pin TQFP	80-pin TQFP

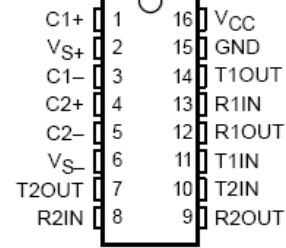
FIGURE 1-1: PIC18F6X20 BLOCK DIAGRAM



## Anexo C. Características principales del dispositivo MAX232.

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- $\pm 30$ -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE  
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)



### description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept  $\pm 30$ -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

### ORDERING INFORMATION

T <sub>A</sub>	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
-40°C to 85°C	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at [www.ti.com/sc/package](http://www.ti.com/sc/package).

### Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

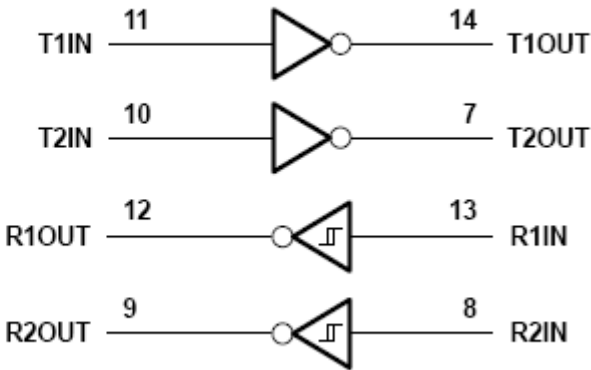
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

### logic diagram (positive logic)



**absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)<sup>†</sup>**

Input supply voltage range, $V_{CC}$ (see Note 1)	−0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, $V_{S+}$	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, $V_{S-}$	−0.3 V to −15 V
Input voltage range, $V_I$ : Driver	−0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	±30 V
Output voltage range, $V_O$ : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	−0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, $\theta_{JA}$ (see Note 2): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, $T_{stg}$	−65°C to 150°C

<sup>†</sup> Stresses beyond those listed under “absolute maximum ratings” may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under “recommended operating conditions” is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

**recommended operating conditions**

		MIN	NOM	MAX	UNIT
$V_{CC}$	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
$V_{IH}$	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
$V_{IL}$	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			±30	V
$T_A$	Operating free-air temperature	MAX232		0	°C
		MAX232I		−40	
				70	
				85	

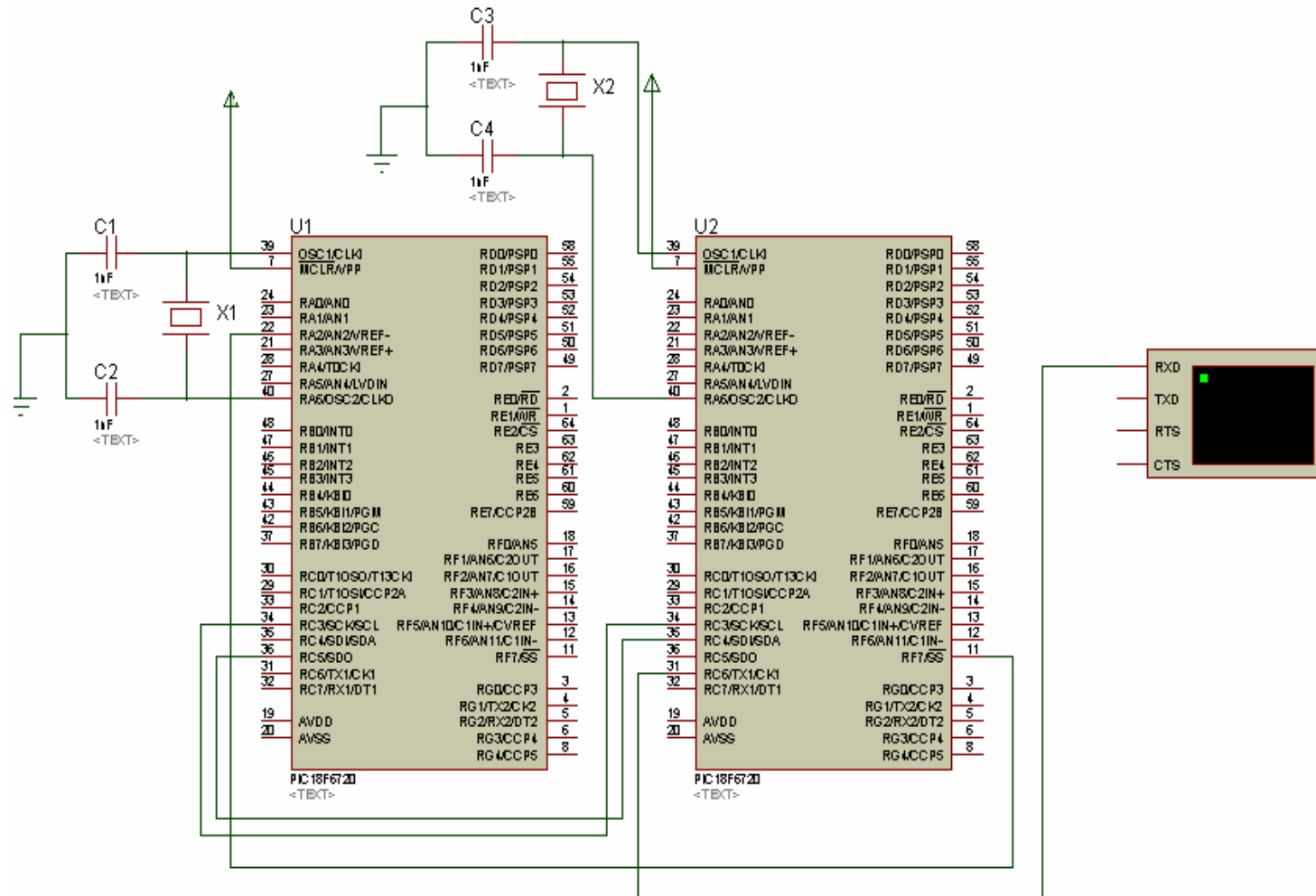
**electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)**

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP <sup>‡</sup>	MAX	UNIT
$I_{CC}$ Supply current	$V_{CC} = 5.5$ V, All outputs open, $T_A = 25^\circ\text{C}$		8	10	mA

<sup>‡</sup> All typical values are at  $V_{CC} = 5$  V and  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

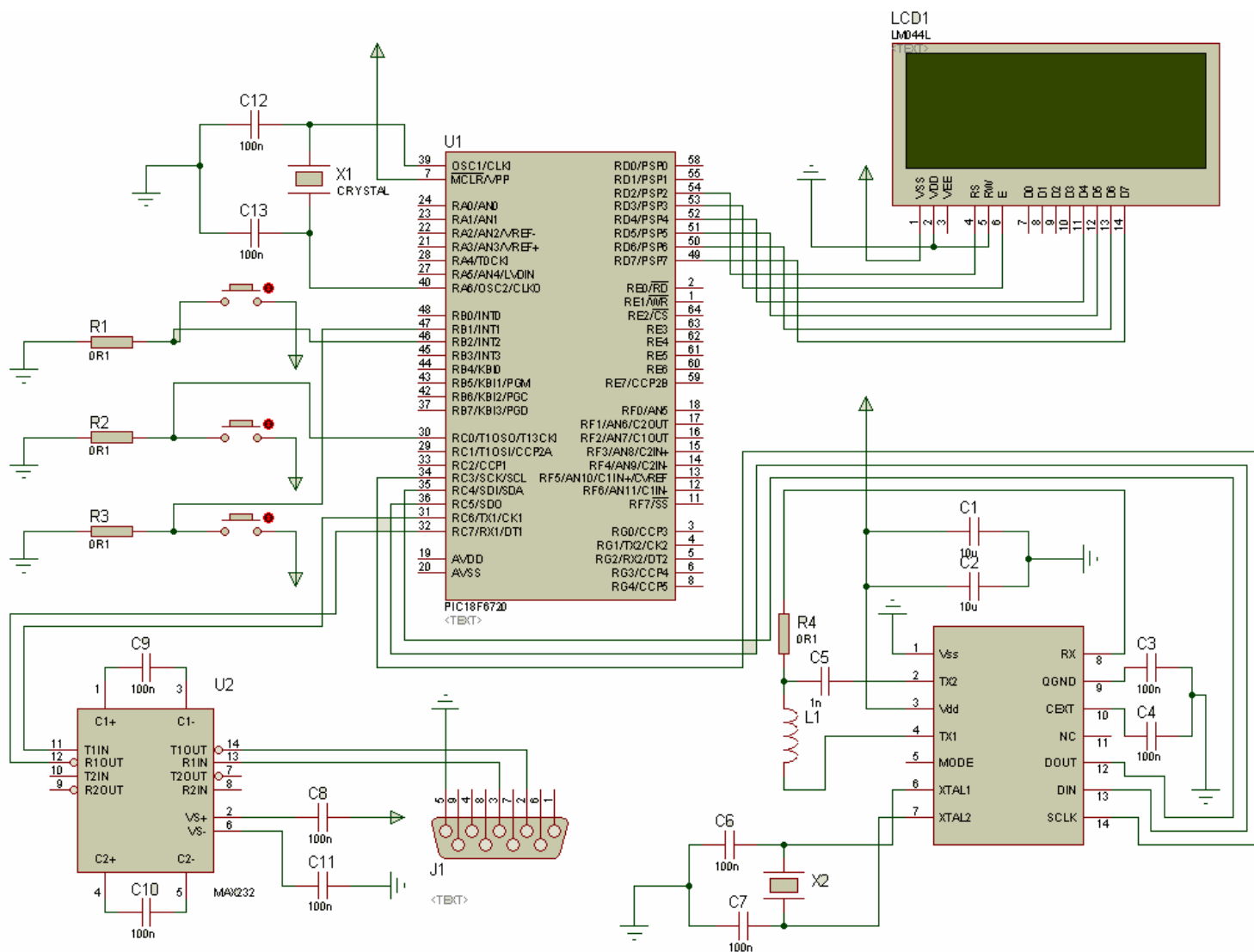
NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1  $\mu\text{F}$  at  $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ .

## Anexo D. Plano electrónico: Conexión SPI entre dos microcontroladores PIC18F6720.





## Anexo E. Plano electrónico: Diseño final del Modulo de comunicación para dispositivos RFID.



## **ANEXO F. Paper.**

### **DISEÑO DE MODULOS DE COMUNICACIÓN PARA DISPOSITIVOS RFID**

**Karol Nataly Benavides López**

*Universidad Autónoma de Occidente  
karolbenavides@yahoo.com  
Cali - Colombia*

**Abstract:** En este documento se trata el desarrollo de un proyecto que consiste en el diseño de un sistema capaz de permitir la comunicación entre dispositivos RFID de diferentes tipos. Con base en la metodología de desarrollo de productos, se siguieron pasos tales como identificación de necesidades, generación y selección de conceptos, diseño industrial y diseño detallado, los cuales permitieron obtener un diseño óptimo que cumpliera con los requerimientos y objetivos planteados.

**Keywords:** RFID, Tag, Lector, frecuencia, antena, identificación, radiofrecuencia.

#### **1. INTRODUCCIÓN**

El proyecto presenta una solución a la ausencia de sistemas de comunicación para dispositivos RFID en la empresa ROBOTEK Ltda. El principal objetivo es diseñar un sistema óptimo, que cumpla con los requerimientos planteados por la empresa con base en sus necesidades funcionales y económicas.

El diseño del Modulo de comunicación para dispositivos RFID es un gran paso para la empresa, ya que se trata de una tecnología que brinda nuevos campos de aplicación, dado su potencial para consumo masivo y en la cadena de abastecimientos.

#### **2. DEFINICION DE RFID**

RFID (Radio Frequency Identification - Identificación por radiofrecuencia) es una tecnología de identificación automática similar, en cuanto a su aplicación, a la tecnología de código de barras. La diferencia es que RFID utiliza una señal de radiofrecuencia en lugar de una señal óptica.

#### **3. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA RFID**

Un sistema RFID está constituido por cuatro componentes principales: tag, lector, antena y un host (computadora central). Un tag RFID está compuesto por un microchip y una antena flexible.

El lector es utilizado para leer y escribir información en el tag,

Para obtener una respuesta de una etiqueta RFID, el lector emite una onda de radio, cuando el tag se encuentra dentro del rango del lector, le responde identificándose a si mismo. Las etiquetas pueden leerse a distancia sin contacto físico o línea de vista con el lector. La distancia dentro de la cual un lector puede comunicarse con una etiqueta se conoce como rango de lectura. Las comunicaciones entre lectores y etiquetas están gobernadas por protocolos y estándares emergentes. Ver Figura 1.

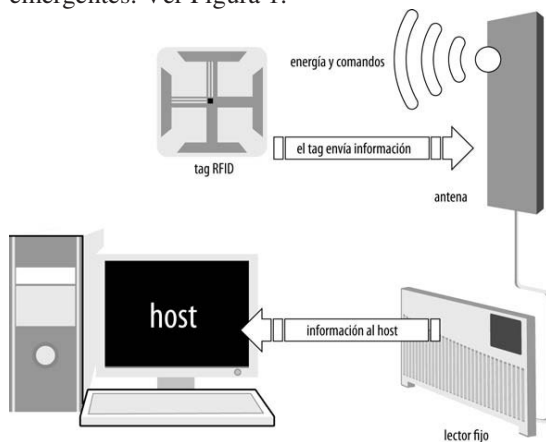


Figura 1. Comunicación entre Tag, Lector y Host.

Las principales aplicaciones de los sistemas RFID están en los sectores de Transporte, Seguridad, Administración de la cadena de suministro, Medicina y Deportes.

#### 4. PLANTEAMIENTO Y EJECUCION DEL PROYECTO

Los sistemas RFID en la actualidad se han convertido en un sistema novedoso en aplicaciones como el control de accesos. Por esta razón ROBOTEK Ltda., en ausencia de una tecnología como ésta, se ve en la necesidad de desarrollar dichos sistemas de identificación con el fin de ingresar exitosamente en numerosos sectores industriales, realizando diversas aplicaciones.

Lo anterior se llevara a cabo con el fin de ampliar los niveles tecnológicos de la empresa, por medio del desarrollo de nuevas aplicaciones que requieran sistemas RFID.

El primer paso para dar inicio al diseño del Modulo de Comunicación para dispositivos RFID, fue identificar las necesidades de la empresa. Dichas necesidades abarcan aspectos como: forma en que se realizará el envío, recepción y visualización de datos, la velocidad de transmisión de datos, diseño electrónico, costo del sistema, entre otros.

Una vez identificadas las necesidades, se procede a seguir con la metodología de desarrollo de productos. La siguiente fase es la descomposición funcional. Ver Figura 2., la cual permite visualizar con mayor claridad cada función que el sistema desempeña hasta obtener el resultado final.

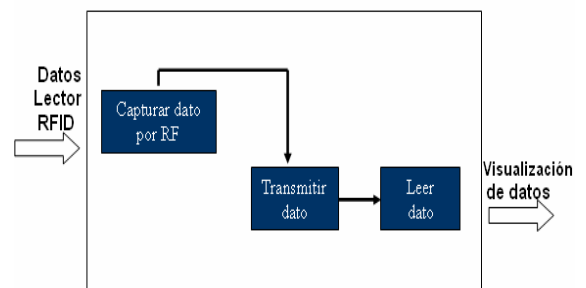


Figura 2. Descomposición funcional

A partir de esta fase ya es posible generar las posibles opciones que darán solución al problema. En este caso se generaron 3 conceptos, cada uno con diferentes características y finalmente se escogió uno solo, teniendo en cuenta parámetros de evaluación basados en las necesidades planteadas.

El paso posterior es identificar los elementos físicos del sistema y determinar las interacciones que ocurren entre ellos, para luego hacer una evaluación de la ergonomía, estética y naturaleza del producto (Diseño Industrial).

La fase final es el diseño detallado, en esta parte se identifican cada uno de los componentes que se utilizan en el diseño del Modulo de comunicación para dispositivos RFID, se determina la conexión entre los elementos que conforman el sistema y se realiza un análisis del software que se ha desarrollado. Dentro de este análisis, se explica paso a paso el desempeño del sistema cuando entra en contacto con el usuario y se muestra la interfaz grafica que verá a medida que interactúa con el sistema. Ver Figura 3.

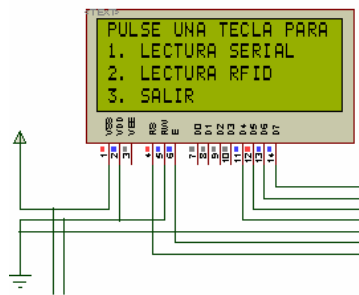


Figura 3. Menú de Opciones de Lectura.

La lectura serial, es básicamente para la comunicación entre el lector y el host, esta se realiza mediante el microcontrolador PIC 18F6720 quien cuenta con dos módulos USART, los cuales permiten realizar la comunicación entre el microcontrolador, quien envía los datos al PC, y el host, quien recibe los datos por medio del protocolo RS232.

La lectura por radiofrecuencia consiste en dos fases: la primera es la comunicación entre el dispositivo lector y el microcontrolador y la segunda es el diseño de la antena.

La primera fase se realiza mediante comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) el cual es un estándar de comunicaciones, que en este caso es usado para la transferencia de información. El bus SPI incluye una línea de reloj, dato entrante, dato saliente y un pin de *chip select*, que conecta o desconecta la operación del dispositivo con el que se desea comunicar.

Las ventajas del bus SPI es que minimiza el número de conductores, pines y el tamaño del circuito integrado. Esto reduce el coste de fabricar montar y probar posteriormente el diseño realizado.

Y la segunda fase es un aspecto supremamente importante ya que la antena se encarga de generar en el espacio cercano, un campo electromagnético correspondiente a la señal RF del dispositivo lector, que permita la energización de los tags situados en la zona de lectura.

El correcto diseño de la antena partiendo de los requerimientos de diseño del sistema, es fundamental para el óptimo funcionamiento del Modulo de comunicación para sistemas RFID.

## 5. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de un sistema que permite la comunicación entre un tag, un lector RFID y un PC, basado en requerimientos planteados por la empresa ROBOTTEK Ltda.
- Se aplicó la metodología de diseño para desarrollo de productos, entre otras herramientas adquiridas a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, logrando un resultado óptimo que cumple con los objetivos planteados.
- Se diseñó una interfaz gráfica amable con el usuario, que le muestra paso a paso los resultados de la función que ha deseado ejecutar, así como los errores producidos debido a alguna acción equivocada por parte del usuario.

- El Modulo de comunicación para dispositivos RFID que se ha diseñado, puede funcionar de manera eficiente para aplicaciones dentro del campo de identificación y control de acceso, debido al rango de lectura que abarca.

#### REFERENCIAS

- HERVÁS LUCAS, Ramón. Tecnología y Aplicaciones de RFID. Granada, España, 2005.Trabajo de Doctorado (Profesional en Arquitectura y Gestión de la Información y del Conocimiento de sistemas en Red). Universidad de Granada. Facultad de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial.
- SHEPARD, Steven. RFID. Radio Frequency Identification. New York: Mcgraw-Hill Professional.2004..352p.